



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

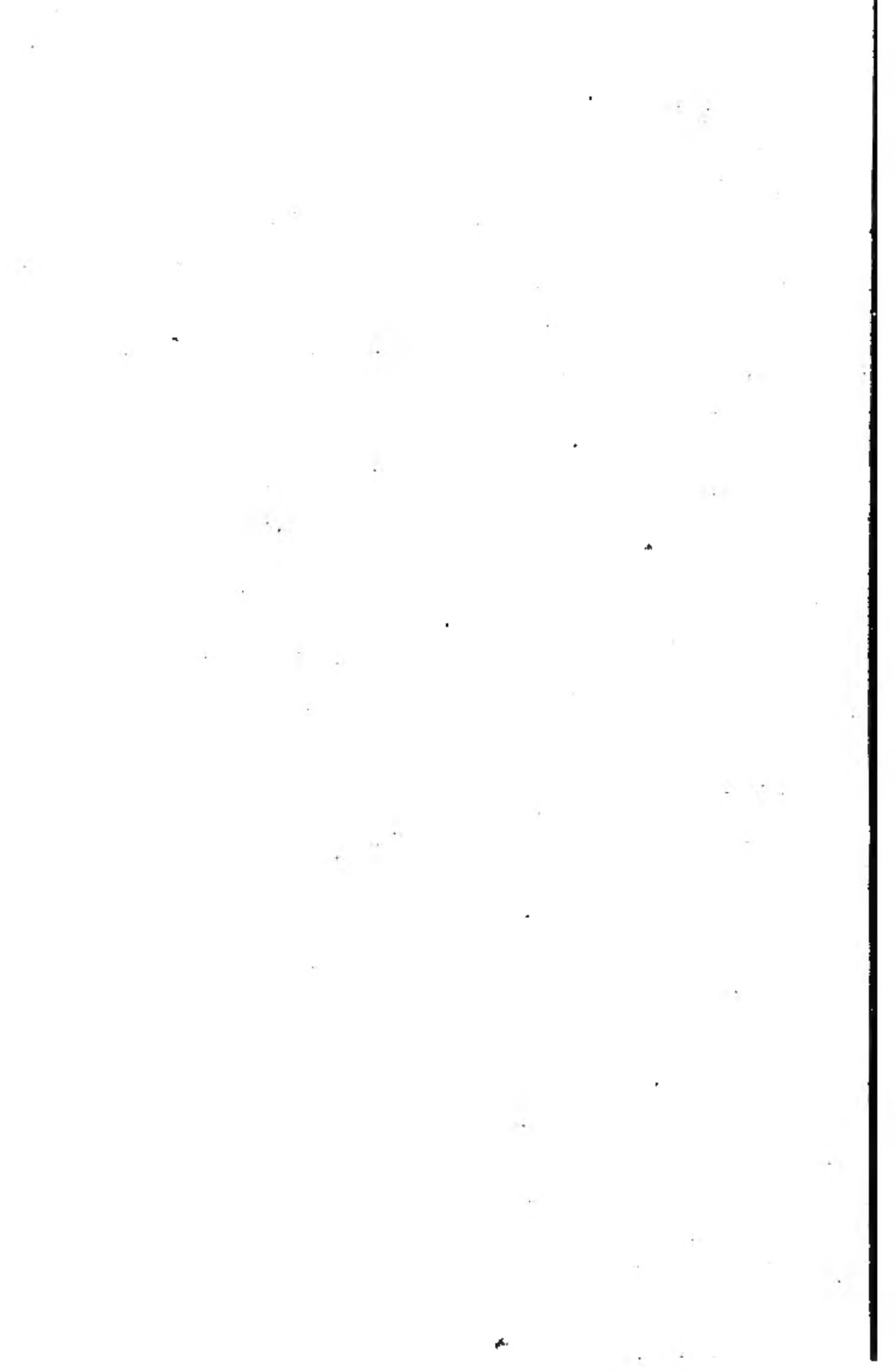
We also ask that you:

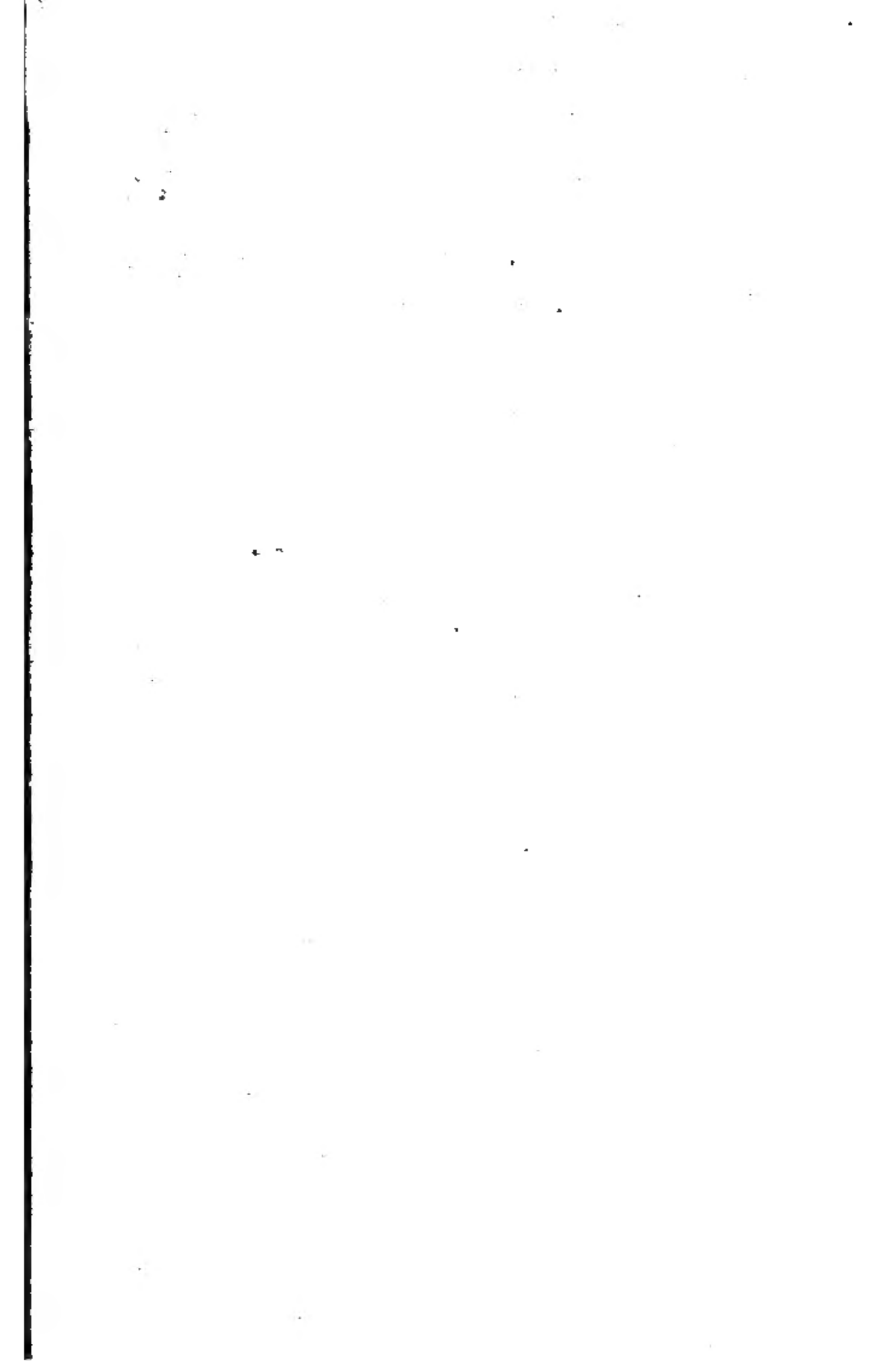
- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>







Die
Schule der Baukunst.

Handbuch

für

Architekten, Ingenieure und technische Schulen,

sowie zum

Selbstunterricht für Bautechniker, Bauhandwerker und Bauunternehmer.

Zweiter Band.

In fünf Abtheilungen.

Enthaltend:

1. Abtheilung: Die Schule des Zimmermanns. Zwei Theile.
2. Abtheilung: Die Schule des Maurers.
3. Abtheilung: Die Schule des Steinmachers.
4. Abtheilung: Die Brücken in Eisen.
5. Abtheilung: Der Hochbau in Eisen.

Mit zahlreichen, in den Text gedruckten Abbildungen.

Leipzig.

Verlag von Otto Spamer.

1870.

Die
Brücken in Eisen.

Baumaterial,

technische Entwicklung, Konstruktion und statische Berechnung
 der eisernen Brücken.

Für

Ingenieure, Eisenbautechniker und technische Lehranstalten

bearbeitet von

Dr. F. Heinzerling,

Ingenieur und ordentlichem Professor der Bau- und Ingenieur-Wissenschaften an der Universität Gießen,
 vormaligem Sektionsingenieur der Hessischen Ludwigseisenbahngesellschaft.

Mit über Tausend Abbildungen, nach den Zeichnungen des Verfassers in Holz geschnitten
 durch die Artistische Anstalt von Otto Spamer in Leipzig.

Leipzig.
 Verlag von Otto Spamer.
 1870.

Eng 748.70

HARVARD UNIVERSITY
SCHOOL OF DIVINITY

JUN 20 1917
TRANSFERRED TO
HARVARD COLLEGE LIBRARY

66.36

Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

Vorrede.

Die Anwendung des Eisens zum Brückenbau gehört zwar nur der neueren und neuesten Zeit an, hat aber in diesem verhältnißmäßig kurzen Zeitabschnitt, gedrängt durch das Bedürfniß der Gegenwart nach einem ausgedehnten Straßen- und Eisenbahnnetz und gefördert durch die gewaltigen Fortschritte der technischen Darstellung und mechanischen Verarbeitung des Eisens, eine so ungeahnte Ausdehnung und Vervollkommnung erfahren, daß nach dem Verlaufe von kaum 80 Jahren eine fast unübersehbare Reihe von Brückenkonstruktionen vor uns liegt, deren Anfangsglieder hinsichtlich der Materialverwendung, des Konstruktionswerthes und der statischen Sicherheit noch als Schöpfungen der rein empirischen Praxis zu betrachten sind, während deren Endglieder bereits als Muster gründlicher Materialkenntniß, konstruktiver Gewandtheit und statischer Sicherheit vor unseren Augen stehen. Bei der großen Zahl dieser Ausführungen und der darüber in die Fachblätter gelangten Mittheilungen ist nicht nur ein reicher Schatz theoretischer Kenntniß entwickelt und praktischer Erfahrung gesammelt, sondern zugleich das Material zu der technischen Entwicklungsgeschichte der eisernen Brücken darin niedergelegt worden. Wenn das Studium ihrer Entwicklung im großen Ganzen zugleich das Studium ihrer Fortschritte bildet, welche für die Gegenwart und Zukunft zu konstatiren und auszubenten sind, so erscheint ihre geschichtliche Betrachtung als der Führer, durch welchen wir mit den Mängeln der älteren Konstruktionen bekannt, uns der gemachten Fortschritte bewußt, mit dem Standpunkte der Gegenwart vertraut und auf die Richtung und das Ziel des Baues eiserner Brücken in der Zukunft hingelenkt werden. Das auf diese Weise gesammelte theoretisch-praktische Material enthält zugleich die Anhaltspunkte für die Auswahl der tauglichsten Materialgattung, des den jeweiligen örtlichen Verhältnissen entsprechendsten Konstruktionsystems und der diesem zukommenden, zweckmäßigsten Detailkonstruktion und bedurfte, um für den ausführenden und studirenden Techniker möglichst ausgiebig zu werden, nur derjenigen Ordnung und systematischen Bearbeitung, welche eine leichte Uebersicht gewährt, den Vergleich der Konstruktionen erleichtert und die statische Berechnung der gewählten Konstruktionen ermöglicht.

Wenn sich der Verfasser in dem vorliegenden Werke nach der unerläßlichen Bearbeitung der Baumaterialien in ihrer besonderen Beziehung zum Bau eiserner Brücken die Aufgabe einer geschichtlichen Darstellung

ihrer technischen Entwicklung gestellt hat, so war er sich des Umfangs und der Schwierigkeit derselben wohl bewußt. Diese Schwierigkeit wurde nicht vermindert durch die Rücksicht auf das Gesamtwerk der „Schule der Baukunst“, wovon der vorliegende Band einen Theil bildet, welches ihm gleichzeitig die Bedingung einer populären Fassung, eines mäßigen Umfangs und eines für die erforderlichen Abbildungen, besonders weitgespannter Brücken, sehr beschränkten Formats stellte. Gleichwol glaubte er der freundschaftlichen und ehrenden Aufforderung seiner Mitarbeiter und Freunde, sowie seines Verlegers, zur Bearbeitung der Eisenkonstruktionen des Brücken- und Hochbaues sich nicht entziehen zu sollen, um sowol die in Aussicht genommene nothwendige Erweiterung jenes zeitgemäßen Werkes auch seinerseits nach Kräften zu fördern, als auch durch eine, wenn nicht erschöpfende und vollendete, so doch innerhalb der ihm gesteckten Grenzen möglichst klare, vollständige und zusammenhängende chronologische Darstellung des Baues eiserner Brücken zugleich eine Lücke in der Fachliteratur auszufüllen. Wenn er sich in dieser Ansicht durch das Interesse bestärkt fand, womit sein in dem 33. Jahrgang der Wiener Bauzeitung enthaltener Aufsatz: „Historische Uebersicht über die Anwendung des Eisens zu Brückenbauten und deren Ergebnisse für die Wahl ihres Konstruktionsystems und Eisenmaterials“ von den Fachgenossen aufgenommen wurde, so suchte er, unter Beibehaltung der in demselben aufgestellten historischen Gesichtspunkte, jenes Interesse sowol durch die weitere Ausführung dieser, als durch den Zusatz figürlicher Darstellungen und technischer Beschreibungen der einzelnen, integrirende Bestandtheile jener Entwicklungsgeschichte bildenden, zum Theil noch nicht veröffentlichten Bauwerke möglichst zu erhöhen. Der in dieser Weise bearbeitete Theil des Werkes stellt daher einen Leitfaden zur Verfolgung der Fortschritte des Baues eiserner Brücken an der Hand der Geschichte dar, der durch das beigegebene Quellenverzeichnis auf die, besonders dem größten Theile der deutschen Fachgenossen leicht zugängliche, technische Literatur verweist und hierdurch zugleich dem Spezialstudium der einschlägigen Originalmittheilungen zur Richtschnur dient.

Auch die Bearbeitung der Konstruktion und statischen Berechnung der eisernen Brücken durfte unter den gegebenen Verhältnissen nur in einen engen Rahmen gefaßt und in ein populäres Gewand gekleidet werden, weshalb sich der Verfasser auf die Behandlung der wichtigeren Konstruktionen beschränken mußte. Eine besondere Schwierigkeit bot die Ungleichartigkeit der für die verschiedenen Konstruktionsysteme aufgestellten und mitgetheilten Theorien, welche er im Sinne und auf Grund seiner, als Beitrag zur Begründung einer allgemeinen Theorie und Systemkunde der Baukonstruktionen im 14. Bande der neuen Folge des „Civilingenieur“ veröffentlichten, Abhandlung: „Grundzüge der konstruktiven Anordnung und statischen Berechnung der Brücken- und Hochbaukonstruktionen“ einer möglichst homogenen Behandlung zu unterwerfen versuchte.

Von den drei Abtheilungen, in welche das Werk zerfällt, beschäftigt sich die erste mit der Betrachtung der zum Bau eiserner Brücken erforder-

lichen Baumaterialien, insbesondere des Eisens, indem sie dessen Vorkommen und Gewinnung, dessen Verarbeitung und Verarbeitungsformen, dessen Eigenschaften und Prüfung, sowie die Mittel zu seiner Erhaltung behandelt und hierbei das in andern technischen Werken Enthaltene und allgemeiner Bekannte des Zusammenhanges wegen nur berührt und auf die zu speziellen Studien hierüber geeigneten Werke verweist, dagegen auf das weniger Bekannte und speziell für den Bau eiserner Brücken Wichtige näher eingeht. In diesem Abschnitt wurde die Verarbeitung des Schmiedeeisens zum Brückenbau durch Walzen und Ziehen, wozu unter Anderem ein, in dem 13. Bande der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover enthaltener, später auch als Separatabdruck erschienener, auf Grundlage einer Arbeit des Maschinen-Verwalters Lichtenberg in Geestemünde bearbeiteter Aufsatz: „Ueber das zu Brücken-Konstruktionen zu verwendende Schmiedeeisen, Blech- und Façoneisen“ vom Maschinen-Ingenieur Red in Göttingen werthvolle Anhaltspunkte bot, einer ausführlicheren Besprechung unterworfen, die Elasticität und Festigkeit des Eisens, Stahls und Holzes durch graphische Darstellungen erläutert und durch tabellarische Werthangaben festgestellt, sowie die Mittel zu der Erhaltung dieser Materialien bezeichnet.

Die zweite, der Natur der Sache nach umfangreichste Abtheilung behandelt, den drei Haupttheilen der Brücken entsprechend, in drei Abschnitten die Träger, Pfeiler und Fundamente der eisernen Brücken: eine Trennung, welche das Interessante eines jeden dieser Theile gesondert zu besprechen und in einen übersichtlichen Zusammenhang zu bringen gestattete. Unter den Trägern der eisernen Brücken wurden, dem geschichtlichen Entwicklungsgang entsprechend, im ersten Kapitel die gußeisernen, im zweiten Kapitel die aus Guß- und Schmiedeeisen zusammengesetzten gemischteisernen, im dritten Kapitel die schmiedeeisernen und unter diesen wieder, ihrer zeitlichen Entstehung gemäß, zuerst die Hängebrücken, darauf die Balkenbrücken und zuletzt die Bogenbrücken bis zu ihren dermalen bekannten neuesten und vollkommensten Repräsentanten besprochen und dargestellt. Wenn hierbei auf den historischen Entwicklungsgang ein Hauptgewicht gelegt erscheint, so ist bezüglich der Darstellung der einzelnen Bauwerke der Erfahrung Rechnung getragen, daß deren Abbildung mit den wichtigsten eingeschriebenen Maßen und beigefügten Maßstäben deren Form vollständiger erklärt, als dies eine, selbst ausführliche Beschreibung vermag und deshalb eine verhältnißmäßig große Anzahl möglichst vollständiger und exakter Figuren beigegeben, dagegen die Beschreibung im Texte auf das geringste Maß beschränkt worden, wobei jedoch den, für die Entwicklungsgeschichte und Konstruktion interessanteren und technisch vollendeteren Brücken eine eingehendere Besprechung gewidmet wurde. Am Ende jedes Abschnitts und jeder Abtheilung wurden die geschichtlichen Ergebnisse der vorangegangenen Darstellung und Beschreibung zusammengestellt und auf Grund der vorliegenden Anhaltspunkte die Schlüsse für die Praxis gezogen.

Die dritte Abtheilung stellt in einem ersten Abschnitte die, bei der statischen Berechnung der eisernen Brücken in Betracht kommenden, angreifenden oder äußeren Kräfte zusammen und geht hiernach, gestützt auf die in der ersten Abtheilung gegebenen Werthe der widerstehenden oder in-

nen, zu der Konstruktion und statischen Berechnung der Brücke über, wobei, jener in der zweiten Abtheilung festgehaltenen entsprechend, wieder in drei getrennten Abschnitten deren Träger, Fundamente abgehandelt werden.

Als Angaben im Text ist durchgehends der Meter mit seinen Theilen zu Grunde gelegt und die runden, landesüblichen Maße eingefügt worden, während die Gewichte, wo nichts Andres be-
stimmtes angegeben ist, in Kilogrammen angegeben sind.

Die mühsamen und kostbaren Anfertigung der zahlreichen Holz-
zeichnungen ist der Verfasser durch mehrere seiner Zuhörer, die Herren Bräun-
ing und Kehler, in dankenswerther Weise unterstützt worden,
den verehrten Mitarbeiter und Freunde Herrn Kommerzienrath
Ueberlassung einiger, von ihm früher gezeichneter Holzstöcke,
Brückenkonstruktionen seines Vaters Albert Fink in der Balti-
sche, hiermit seinen Dank ausspricht. Die Holzzeichnungen der
Brücke im Bau begriffenen, bis jetzt unveröffentlichten ver-
steiften Brücke über den Main in Frankfurt sind von dem
Konstruktionsblättern dieser interessanten Brücke entnommen
deren gefällige, zeitweise Ueberlassung er deren Konstrukteur,
Herrn Schmid, zu Dank verpflichtet ist. Ein besonderes Wort des
Danks auch dem Herrn Verleger, welcher die große Zahl der zum
Verständnis der Figuren mit anerkannter Korrektheit ausführen,
Werke eine ihm entsprechende Ausstattung zu Theil werden ließ.
Hinsichtlich der Bestrebungen der Verlagsbuchhandlung mit denen
übereintreffen, um den Fachgenossen, insbesondere den Ingenieu-
rtechnikern und Studierenden des Ingenieurwesens, ein wohlaus-
gezeichnetes Standpunkte des Baues eiserner Brücken entsprechen-
vollständiges und doch kompendiöses Hand- und Nachschlagebuch
beim Studium, Entwurf und Berechnen eiserner Brücken mit
den Quellen nachweisen zum Zweck etwa beabsichtigter weiterer
Entwickelungen, möge das Werk allen Fachgenossen und Freunden des
Baues, um deren nachsichtige Beurtheilung wir ersuchen und für
seiner Verbesserung und Vervollständigung wir stets empfäng-
lich sein werden, freundlich empfohlen sein.

im August 1869.

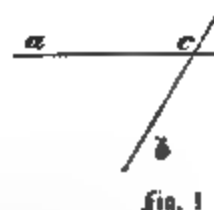
Dr. F. Heinzerling.

Einleitung.

Begriff und Arten der Brücken.

Der Brückenbau im weitesten Sinne, im Gegensatze zu 1
leiseren Erdbau auch Kunstbau genannt, bildet einen besonderen
Wege-, Straßen-, Eisenbahn- und Wasserbau.
Wo eine zu bauende Weglinie *aa*, Fig. 1, eine
zweite vorhandene Weglinie *bb* schneidet, wird *a*
bei *c* entweder

1. in gleichem Niveau mit *b*,
2. über *b* oder
3. unter *b*



fortgeführt. Hierdurch entsteht beziehungsweise ein Planübergang,
überführung oder eine Wegunterführung. Eine Wegüber- oder
führung heißt Viadukt (viae ductus d. i. Begleitung). Wo eine
einen Wasserlauf *b*, Fig. 1, schneidet und der Wasserlauf nicht einfach
Weg fließen soll, ist eine Unter- oder Überführung nöthig. Die Un-
eines Wasserlaufs unter einem Weg heißt Durchlaß bei kleiner
Brücke im engeren Sinne (althochdeutsch: brucca, d. i. über e
Graben oder eine Schlucht gebauter Weg) bei größeren Wasser-
überführung eines Wasserlaufs über einen Weg oder nur trocken
heißt Aquadukt (aquae ductus d. i. Wasserleitung). Die Überföhr-
Wasserlaufs über einen Wasserlauf heißt Aquaduktbrücke oder
brücke. Die Herstellung von Viadukten, Durchlässen und Brücken, 1
und Aquaduktbrücken bildet die Aufgabe des Brückenbaus im weiteste

Nach den verschiedenen Gattungen der Landverkehrslinien können
dukte, Durchlässe und Brücken solche für Wege, Straßen oder
bahnen sein.

Je nachdem die Axe der Brücke die zweite Verkehrslinie unter einem rechten oder spitzen Winkel schneidet, unterscheidet man eine gerade oder schiefe Brücke. Die drei Hauptbestandtheile einer Brücke sind:

1. die Brückenträger,
2. die Brückenstützen,
3. die Brückenfundamente.

Hinsichtlich der Wahl des Baumaterials unterscheidet man

1. Hölzerne Brücken, mit hölzernen Stützen und Trägern,
2. Steinerne Brücken, mit steinernen „ „ „
3. Eiserner Brücken, mit eisernen „ „ „

Bei Anwendung von gemischtem Material unterscheidet man ferner

4. Brücken mit steinernen Stützen und hölzernen Trägern
5. „ „ „ „ „ eiserne „

welche letztere ebenfalls schlechtweg eiserne Brücken genannt werden. Auch die Haupttheile einer Brücke können aus gemischtem Material bestehen und zwar die Träger aus Eisen und Holz oder aus Eisen und Stein; die Stützen aus Stein und Holz oder aus Stein und Eisen; die Fundamente aus Stein und Holz oder aus Stein und Eisen. Das Eisen ist hierbei entweder Gußeisen oder Schmiedeeisen.

Mit Holz überspannt man Brückenöffnungen bis zu 118,88 Meter. Diese Spannweite besaß die i. J. 1799 von den Franzosen abgebrannte Brücke über die Limmat bei der Abtei Wettingen in der Schweiz.

Mit Stein überspannt man Brückenöffnungen bis zu 62 Meter. Diese Spannweite besaß die Brücke über den Dee bei Chester in England.

Mit Gußeisen überspannt man Brückenöffnungen bis zu 73,15 Meter. Diese Spannweite besaß die Southwark-Brücke über die Themse in London.

Mit Schmiedeeisen überspannt man Brückenöffnungen von 322,16 Meter. Diese Spannweite besaß die Drahthängebrücke über den Ohio bei Cincinnati in den Vereinigten Staaten von Nordamerika.

Mit Holz und Schmiedeeisen überspannt man Brückenöffnungen bis zu 250,53 Meter. Diese Spannweite besaß die Drahthängebrücke über den Niagara zur Verbindung der New-York-Central-Eisenbahn und der großen Westbahn in Canada.

Hiernach ist das Schmiedeeisen als dasjenige Brückenbaumaterial anzusehen, mit welchem man die größten Brückenöffnungen bis jetzt überspannt hat und voraussichtlich überspannen wird.

Die hölzernen und eisernen Brücken können entweder feste oder bewegliche und im letzteren Falle: Zug-, Roll-, Dreh-, Hub-, Schiff- und fliegende Brücken sein.

Erste Abtheilung.

Die Baumaterialien der eisernen Brücken.

Erster Abschnitt.

Das Eisen als Baumaterial der eisernen Brücken.

Die eisernen Brücken bestehen nie ganz aus Eisen. Zur Herstellung ihrer Verkehrsbahnen wird außerdem Holz oder Holz und Stein, zur Herstellung ihrer Stützen Stein oder Eisen und Stein, zur Herstellung ihrer Fundamente Eisen, Stein und Holz oder Eisen und Stein verwendet. Wir betrachten daher die Stein- und Holz-, zunächst aber die Eisen-Materialien in ihrer besonderen Beziehung zum Bau eiserner Brücken.

Das Eisen ist zwar schon seit den frühesten Zeiten bekannt, verdankt aber seine Anwendung zum Brückenbau erst der Vervollkommenung, welche dasselbe in der neueren und neuesten Zeit hinsichtlich seiner inneren Beschaffenheit und äußeren Formgebung erfahren hat. Unter die Völker des Alterthums, welche frühe mit dem Eisen bekannt waren, gehören die Aegyptier, die sich schon mehrere Jahrhunderte vor Christus eiserner Werkzeuge bei Ausführung ihrer großartigen Bauten bedienten und zu Moses' Zeit bereits mit der Eisenschmelzerei vertraut waren. Bei den Griechen war besonders das Eisen aus dem Lande der Chalyber an der Südostseite des Schwarzen Meeres, sowie das aus Indien stammende ferische und parthenische, bei den Römern außer dem indischen Eisen das von Elba, Spanien und Noricum berühmt. Beide Völker wußten zwar, daß das Eisen beim Auserschmelzen dünnflüssig werde, kannten aber kein Gußeisen, sondern nur verschiedene Sorten von Schmiedeeisen und Stahl, welche sie durch Eintauchen in Wasser oder Del nach dem Glühen zu härten verstanden. Die Schmelzapparate, deren sich die alten Völker bedienten, scheinen Herde oder mit niedrigen Mauern umgebene Gruben und schwache durch Menschenhand getriebene Gebläse gewesen zu sein. Mit so einfachen Apparaten ließ sich zwar ein gutes mehr oder minder stahlartiges Produkt herstellen, aber keine größere Masse erzeugen. Erst in den, aus den sogenannten Rennherden und den niedrigen, etwa mannhohen Bauer- oder Blaseöfen entstandenen, 10 bis 15 Fuß hohen Stück- oder Wolfsöfen ließ sich ein größerer stahlartiger Klumpen herstellen, der aus der Vorderwand herausgebrochen werden mußte.

Durch noch weitere Erhöhung der Ofenschächte gelangte man endlich zu den Blau- und Hochofen, mit deren Benutzung eine neue Periode in der Eisengewinnung beginnt, indem hierdurch ein ununterbrochener Betrieb möglich und zugleich Roheisen erhalten wurde, woraus bereits im Jahre 1543 in England eiserne Kanonen gegossen wurden. Da die gesteigerte Eisenproduktion Englands die Wälder immer mehr lichtete und zu einem fühlbaren Holzmangel führte, so wurde um das Jahr 1560 die Verwendung der Holzkohle zur Eisenproduktion gesetzlich beschränkt, was zur Eisengewinnung mittels Coaks Veranlassung gab. Im Jahre 1651 erhielt Jeremias Bud ein Patent auf Verhüttung der Eisenerze mittels Steinkohle. Hierdurch, sowie durch die Anwendung der Holzkohlen zum Schmelzen der Eisenerze in Hochofen waren die Grundlagen der heutigen Roheisenerzeugung gegeben, mit welcher die Verwendung des Roheisens zum Gießen oder die Fabrikation des Gußeisens Hand in Hand ging. Um das Jahr 1667 stellte Rehold von Coalbrookdale zuerst gußeiserne Schienen her und im Jahre 1779 bauten die englischen Hüttenmeister Wilkinson und Darnley die erste eiserne Brücke über die Saverne zu Coalbrookdale aus gewaltigen gußeisernen Bogenstücken¹⁾. Zu den Erfindungen der neueren Zeit gehört die Anwendung der erhitzten Gebläseluft zum Hochofenbetrieb durch Neilson 1829 und die Benutzung der Gichtgase zu Heizzwecken durch Aubertot 1814 und Faber du Faur 1837²⁾.

Mit der großartigen Roheisenerzeugung und dem Bedürfnis nach schmiedbarem Eisen bildet sich neben der ursprünglichen Fabrikation des Schmiedeeisens unmittelbar aus den Erzen, der Luppenfrischarbeit, die Operation des Frischens oder der Darstellung des Schmiedeeisens aus dem Roheisen aus. Das erste Verfrischen des Roheisens wurde auf Herden mit offenen Feuern vorgenommen. Das Frischen in Flammöfen mit Steinkohlen, der Puddlingsprozeß, wurde im Jahre 1784 von Henry Cort erfunden und durch Barnell im Jahre 1787 wesentlich verbessert. Die von Beiden erworbenen Patente erstreckten sich zugleich auf eine wichtige Verbesserung in den mechanischen Operationen zur Pressung und Formgebung des erhaltenen Eisensfabrikats, auf das Walzen, an welche sich später die Einführung des Nasmyth'schen Dampfhammers anschloß. Erst durch diese Operationen war es möglich, dem Eisen diejenige Gleichmäßigkeit des Gefüges und der Form zu geben, welche es zum Konstruktionsmaterial schmiedeiserner Brücken befähigte. Erfindungen der neueren Zeit sind die Einführung der Gasgeneratoren und des Gaspuddelns, sowie die Anwendung von Wasserdämpfen zur Entfernung von Schwefel und Phosphor aus dem Eisen beim Puddeln v. Nasmyth.

Die dritte Hauptgattung des Eisens, der Stahl, ist zum Brückenbau bis jetzt am wenigsten verwendet worden. Die erste Stahlbrücke, eine Hänge-

brücke, ist in Wien von Witts erbaut und im Jahre 1829 beschrieben worden. Unter den Fortschritten, welche die Stahlbereitung in der neueren Zeit gemacht hat, ist die Vervollkommenung der Gußstahlfabrikation durch Krupp in Essen und Mayer in Bochum, das Stahlpuddeln von Lohage und endlich die im Jahre 1856 gemachte Entdeckung Bessemer's, aus flüssigem Roheisen durch Einblasen von Luft Stabeisen und Stahl zu erzeugen, zu rechnen. Kleinere Brücken aus Gußstahl wurden in Holland bereits ausgeführt, größere derartige Brücken sind projektirt. Wol die größte der bis jetzt ausgeführten Stahlbrücken ist die im Jahre 1866 in der Nähe von Trollhätta³⁾ aus Puddelstahl hergestellte 42 Meter weite Brücke über den Götha-Elf auf der Zweigbahn der Gothenburg-Stockholmer Bahn nach Uddevalla.

Da das Eisen das Hauptbaumaterial der eisernen Brücken bildet und das Bestehen dieser Brücken wesentlich auf den Eigenschaften und Formen des Eisens beruht, diese Eigenschaften aber wieder davon abhängen, wo und wie das Eisen gewonnen, wie und wozu es verarbeitet wurde, so betrachten wir nachstehend dessen Vorkommen und Gewinnung, dessen Verarbeitung und Verarbeitungsformen, dessen Eigenschaften und Prüfung, sowie die Mittel zu seiner Erhaltung, wobei wir das allgemeinere Bekannte nur berühren, dagegen auf das weniger Bekannte und speziell Wichtige näher eingehen werden.

Erstes Kapitel.

Vorkommen des Eisens.

Das Eisen kommt sehr selten gediegen und dann gewöhnlich in den Meteorsteinen, desto häufiger aber in Verbindung mit anderen Mineralien vor. Mit Vortheil können nur die Sauerstoffverbindungen des Eisens zu seiner Darstellung im Großen verwandt werden.

Ihrem Werth nach theilt man die häufigeren Eisenerze in vier Klassen:

1. den Magneteisenstein (Eisenoxyduloryd) mit gegen 72% Eisen

2. die Eisenoxyde:

a. Blutstein oder Glaslopf	" "	68%	"
b. Rotheisenstein oder Eisenglanz	" "	57%	"
c. Rother Thoneisenstein	" "	41%	"

3. die Eisenoxydhydrate:

a. Brauneisenstein	" "	59%	"
b. Gelbeisenstein	" "	57%	"
c. Böhnerz	" "	45%	"
d. Raseneisenstein (Wiesenerz)	" "	30%	"

4. die kohlensauren Eisenoxydule:

- a. Spatheisenstein (Eisenspath) mit gegen 45 % Eisen
- b. Kohleneisenstein (Bladband) " " 43 % "
- c. Thoniger Sphärosiderit " " 41 % "

Magneteisenstein ist allgemein verbreitet und findet sich besonders in im krystallinischen Schiefergebirge, wo man das berühmte schwed. 1, 3 B. das von Danemora, aus ihm herstellt. Beimengungen von Schwefel, wie im Schwefelkies, Bleiglanz und Kupferkies, vermindern die Eignung als Eisenerz.

Glaskopf kommt im Uebergangsgebirge vor. Der Rotheisenstein findet sich in Gängen und Lagern im älteren Gebirge, auch eingesprengt in Gneuß u. s. w. Der rothe Thoneisenstein ist ein mit Thon verunreinigter Rotheisenstein und hiernach von sehr verschiedenem Eisengehalt. Verschiedenen Varietäten dieser Gattung bilden das Hauptmaterial der Eisenerze in Sachsen, auf dem Harz und in Nassau.

Brauneisenstein ist häufig durch kohlensaure Kalkerde, Kieselerde, der Gelbeisenstein durch Thon verunreinigt. Die Bohner genannt von ihrer kugeligen Gestalt, mit konzentrisch schaliger Absonderung häufig im südwestlichen Deutschland und in Frankreich in der That vor. Der Raseneisenstein entsteht durch die Einwirkung säurehaltigem, Eisenoxydul enthaltendem, Wasser auf Vegetabilien und findet sich in den norddeutschen Ebenen und im südlichen Schweden in und unter dem Rasen der Wiesen. Das hieraus gewonnene Eisen wird mit Vortheil zum Gießen benutzt, wozu es sich wegen seiner Dünnheit besonders eignet, theils zu Stabeisen verarbeitet, welches jedoch seines geringen Eisengehalts wegen brüchig ist.

Spatheisenstein, in seinen mit Thon verunreinigten, kugelförmigen Varietäten thoniger Sphärosiderit genannt, liefert in Reinheit von Schwefel und Phosphor ein ganz vorzügliches Material zur Gewinnung von Eisen und Stahl. Ersterer kommt in Steiermark, Freiberg, Clausthal u. s. w., letzterer sehr häufig im Steinkohlengebirge in England vor. Der Kohleneisenstein findet sich meist in den untersten Schichten der Steinkohlenformation und bildet nicht nur einen Theil von Schottlands, sondern auch das wichtigste Erz Westfalens. Er enthält so viel Kalk, daß derselbe zur Schlackenbildung im Hochofen liefert aber, obwohl leicht auszubringen, nicht eben das vorzüglichste

Zweites Kapitel.

Gewinnung des Eisens.

I. Die Gewinnung des Roheisens.

Hinsichtlich der Gewinnung des Eisens aus den Erzen theilt man dieselben in leicht und schwer schmelzbare.

Zu den ersteren gehören die, welche bei der Vorbereitung, dem sogenannten Rösten der Erze eine so poröse Beschaffenheit annehmen, daß die Hochofengase sie leicht schmelzen können, wie der Spatheisenstein, welcher beim Rösten Kohlensäure, und der Brauneisenstein, welcher dabei Wasser verliert. Schwer schmelzbare Eisenerze sind Rotheisenstein und Magneteisenstein.

Die Gewinnung des Eisens selbst gründet sich vorzugsweise darauf, daß

1. reines oder fast reines Eisen, welches im Hochofen so gut als unschmelzbar ist, bei starker Rothglühhitze zu größeren Massen zusammenklebt oder zusammenschweißt und

2. bei hoher Temperatur mit Kohlenstoff eine leicht schmelzbare Verbindung, das Kohlen-, Roh- oder Gußeisen, bildet

und zerfällt in die Vorbereitungsarbeiten: der Handscheidung, des Verwitterns, des Röstens und Zerkleinerns oder Pochen und in das Zugutemachen.

Die Handscheidung besteht in einem Zerschlagen der Erze und Auslesen ihrer brauchbaren Theile.

Die Verwitterung bewirkt eine Lockerung thonhaltiger Erze durch Frost oder auch chemische Veränderungen gewisser Eisenerze, wodurch sie gleichfalls gelockert werden.

Das Rösten der Eisenerze bezweckt die Entfernung gewisser Substanzen, wie Kohlensäure und Wasser, oder die Ueberführung des etwa vorhandenen Eisenorydul in Eisenoryd, um die Masse dadurch poröser und leichter schmelzbar zu machen, und besteht entweder darin, daß man das Erz im Freien oder, um die Wärme besser zusammenzuhalten, in sogenannten Röstherden oder Stadeln, von 3 bis 4 Mauern umgebenen Räumen mit festgestampftem oder gepflastertem Boden, mit Brennmaterial auf Haufen schichtet oder zweckmäßiger darin, daß man hierzu Oefen von ähnlicher Einrichtung wie die Kalköfen mit flammendem Brennmaterial verwendet.

Die gerösteten Erze werden hierauf durch Pochen mit Stempeln, Hämmern oder Quetschwalzen zerkleinert und die an Eisen reicheren Erze mit den ärmeren in demjenigen Verhältniß gemischt oder „gattirt“, welches erfahrungsgemäß die größte Ausbeute ergiebt.

Zur Erhöhung der Schmelzbarkeit versetzt man die Erze mit leicht schmelzbaren schlackenbildenden Zusätzen, sogenannten Zuschlägen oder Flüssen, zu welchen man Silicate von Kalk und Thonerde, gewöhnlich Quarz, Kalkstein, Thonmergel u. dergl. verwendet. Die durch sie bei der Schmelzung gebildete Schlacke dient dazu, die in den Erzen enthaltenen fremden, der Qualität des Eisens zum Theil schädlichen, Bestandtheile zu entfernen, das Zusammenfließen der geschmolzenen Eisentheile zu bewirken und das bereits gebildete Eisen vor der oxydirenden Wirkung der Gebläseluft zu schützen. Die mit den Zuschlägen versehenen gattirten Erze (Gattirung) nennt man die Beschickung, welche nicht über 50% Eisen enthalten darf.

Aus den so vorbereiteten Erzen gewinnt man das Eisen durch Schmelzung in Hochöfen als Guß- oder Roheisen.

Die Hochöfen sind 40 bis 60 Fuß hohe ummauerte hohle Räume von der Form zweier mit der Basis aufeinander stehender abgestufter Kegels, deren oberer a, s. Fig. 2, der Schacht, deren unterer b die Kasse, deren relativ weiteste Vereinigungsstelle c der Kohlen sack heißt, und einem untersten cylindrischen Hohlraum d, dem Gestell, in welchen mittels Düsen bei e Gebläseluft eingeführt werden kann. Der Vorgang der Schmelzung ist folgender.

Man füllt den angewärmten Ofen von dem Zufuhrwege i aus durch die obere Oeffnung oder Sicht f abwechselnd mit Schichten von Kohlen und Erzbeschickung und verstärkt den Gebläsewind bis zur größten Pressung. Während

Fig. 2. Hochofen.

die Beschickung zwischen den Kohlenschichten langsam durch den Ofenschacht herabrutscht, wird dieselbe von Wasser und Kohlen säure befreit. Im unteren Theile des Schachtes angekommen, wird das Eisenoxyd durch die zugeführte Luft, welche in dem Feuerraum unter Einwirkung der Kohle zu Kohlen säure und unter weiterer Einwirkung der Kohle zu Kohlenoxyd wird, durch dieses letztere vom Sauerstoff befreit oder „reduzirt“. Erst in der Gegend der ein-

strömenden Gebläseluft, welche die größte Hitze erzeugt, findet die der Zuschläge auf die Erze statt und die Schmelzung erfolgt. entstehenden Schlacken bedecken als die spezifisch leichteren Stoffe Erz und bewirken hierdurch die oben erwähnte Verhinderung der Des Eisens an der Luft. Sie werden von Zeit zu Zeit von demselben und, mit Wasser abgekühlt, bei Seite geschafft. Sie sollen beim des Ofens kein Eisen und keine Kohle mehr chemisch gebunden enthalten das etwa mechanisch noch eingesprengte Eisen wird, falls sich durch Bochen und Auswaschen der Schlacke als Wafcheisen wonen. Das durch die Schmelzung erzeugte Kohlenstoffeisen flüssig in die Tiefe des Gestells, auf den Herd g. herab und in reichender Füllung desselben entweder durch die Abstichöffnung während des Ganges des Ofens mittels eines Gemenges von feuerfesten Quarzsand u. dergl. verstopft ist, durch Rinnen in Vertiefungen wodurch es die Gestalt von muldenförmigen Stücken oder Flossen oder Gängen, Platten oder Blatteln erhält, oder aus den Theile des Herdes, dem sogenannten Vorherd i mittels gußei Lehm bestrichener Löffel, der Gießellen, in ähnliche wie die vor Formen geschöpft. Je nach der Größe des Hochofens, sowie nach der Art der Erze und des Schmelzverfahrens beträgt der tägliche Output des Hochofens 50 bis 250 Str. Die Zeitdauer des Hochofenbetriebs, durch die von Zeit zu Zeit erforderliche Reparatur des Ofens u wird, heißt *Campagne*.

Das Brennmaterial, zur Gewinnung des Roheisens im Hochofen besteht entweder in Holzkohlen oder Coaks, wonach man unter

- a. mit Holzkohlen erblasenes Roheisen und
- b. mit Coaks erblasenes Roheisen;

das erstere, welches zu mancher weiteren Verarbeitung des Roheisens nützlich ist, hält man im Allgemeinen für die bessere Qualität des Roheisens.

Die Gebläseluft, welche man in den Hochofen führt, hat eine Temperatur der umgebenden Luft oder wird durch besondere Vorrichtungen vor dem Eintritt in den Ofen auf 125° bis 335° C. erhitzt, wonach

- a. kalt erblasenes Roheisen und
- b. heiß erblasenes Roheisen;

unterscheidet und das erstere, wenigstens für solche Zwecke, höher als das letztere, welchen es hauptsächlich auf die Festigkeit des Eisens ankommt.

Gründe, und weil die heiße Gebläseluft nicht nur leicht zu Stößen und regelmäßigen Gängen des Ofens Veranlassung giebt, sondern auch weil sie entstehende übermäßig hohe Hitze die innere, aus feuerfesten bestehenden, Bekleidung des Gestells zu sehr angreift, ist man auf die Anwendung von deren Anwendung zurückgekommen.

Die Beschaffenheit des Roheisens hängt außer von diesen Umständen auch wesentlich von der Leitung des Schmelz- und Reduktionsprozesses ab. Man unterscheidet:

a. den guten oder garen Gang des Ofens, wenn sich das Eisen vollkommen aus den Erzen abscheidet und die beabsichtigten Eigenschaften hat;

b. den rohen, überfetzten oder scharfen Gang des Ofens, wenn infolge eines unrichtigen Verhältnisses der Zuschläge zum Erze oder wegen unrichtiger Beschaffenheit der Zuschläge oder wegen einer zu geringen Menge Kohlen das Eisen sich nicht vollkommen aus den Erzen abscheidet, sondern in chemischer Verbindung mit den Schlacken bleibt oder „in die Schlacken geht“;

c. den heißen oder hitzigen Gang des Ofens, wenn das Eisen — sei es durch zu langes Verbleiben im Schmelzraum, sei es durch eine zu große Strengflüssigkeit der Zuschläge, welche behufs Ausscheidung der Erze eine zu große Hitze bedingen, sei es durch ein Uebermaß von Kohlen — einer zu hohen Temperatur ausgesetzt wird;

d. den kalten Gang des Ofens, wenn das Gegentheil des hitzigen Ganges eintritt, also die Temperatur des Ofens nicht hoch genug ist, um ein vollkommenes Ausscheiden des Eisens zu bewirken. — Den Gang des Ofens erkennt man theils an der Farbe des Glühens in der Nähe der Düsen, theils an der Beschaffenheit und Bildungsweise der Schlacken.

Das durch den Hochofenprozeß erhaltene Roheisen ist ein Kohleneisen und kommt in sehr verschiedenen Mischungsverhältnissen des Eisens mit dem Kohlenstoff vor, welche zum Theil als chemische Verbindungen, zum Theil als mechanische Beimengungen anzusehen sind, und hiernach in zwei Hauptarten unterschieden werden,

a. das weiße Roheisen und b. das graue Roheisen.

Die verschiedenen Arten des weißen Roheisens sind chemische Verbindungen von Eisen und Kohlenstoff und eignen sich besonders zur Schmiedeeisenfabrikation, dagegen nicht zur Gießerei von Bauteilen, die einer weiteren Bearbeitung bedürfen, da es hart, spröde und weit dickflüssiger ist, als das graue Roheisen. Die Farbe des weißen Roheisens ist hell, oft silberweiß und zeigt einen stark glänzenden Bruch. Die wichtigsten Unterarten desselben sind:

1. das Spiegeleisen (dickgrelles Eisen, Spiegelfloß, Hartfloß), die kohlenstoffreichste und weißeste chemische Verbindung des Eisens, da es vorzugsweise zur Darstellung des Stahls benutzt wird, auch Rohstahleisen genannt;
2. das weißgare Roheisen von geringerem Kohlenstoffgehalt und minder weißem Ansehen;

3. das blumige Roheisen oder blumige Floß von noch geringerem Kohlenstoffgehalt und einem strahlig-faserigen, bläulichgrauen Bruch;
4. das grelle Roheisen oder Weißeisen mit minder weißem und etwas porösem Bruch;
5. das lüdfige Eisen oder das lüdfige Floß mit noch weniger weißem, bläulichem, zackigem und sehr porösem Bruch.

Die verschiedenen Arten des grauen Roheisens entstehen im Hochofen aus dem weißen Roheisen durch Entmischung von Kohlenstoff und erscheinen daher als Eisenkohlenstoffverbindungen von geringerem Kohlenstoffgehalt mit mechanisch beigemengtem Kohlenstoff. Sie eignen sich besonders zur Gießerei von Baukonstructionstheilen, da sie weicher und leichter zu bearbeiten sind. Die Farbe des grauen Roheisens ist mit zunehmendem freien Kohlenstoff hellgrau bis schwarz, während sein Gefüge aus dem Körnigen ins Dichte übergeht und im Allgemeinen weniger krystallinisch ist, als dasjenige des weißen Roheisens.

Ein Gemenge von weißem und grauem Roheisen nennt man halbirtes Roheisen.

Die für die weitere Verarbeitung des Roheisens zu Gußwaaren und zu Schmiedeeisen wichtigsten unterscheidenden Merkmale des weißen und grauen Roheisens sind ⁴⁾:

Weißes Roheisen
oxydirt leichter, verändert sich früher, indem es körnig, grau und stahlartig wird, besonders wenn es vor dem Zutritt der Luft geschützt ist;

wird unter Zutritt der Luft, jedoch nicht bis zum Schmelzpunkt erhitzt, leicht schmiedbar;

schmilzt bei geringerer Temperatur, wird bei hoher Temperatur geschmolzen und schnell abgeschreckt, sehr spröde;

geht, bei hoher Temperatur geschmolzen und langsam abgekühlt, in graues Roheisen über;

ist im geschmolzenen Zustande dickflüssiger und zähe, dehnt sich aber beim Erstarren weniger aus.

Graues Roheisen
oxydirt weniger leicht; verändert sich weniger früh aber vollständiger, besonders wenn es vor dem Zutritt der Luft geschützt ist;

wird unter Zutritt der Luft, jedoch nicht bis zum Schmelzpunkt erhitzt, weniger leicht schmiedbar;

schmilzt erst bei höherer Temperatur, geht, bei hoher Temperatur geschmolzen und schnell abgeschreckt, in weißes Roheisen über;

bleibt, bei hoher Temperatur geschmolzen und langsam abgekühlt, unverändert oder wird weicher;

ist im geschmolzenen Zustand dünnflüssiger, dehnt sich aber beim Erstarren mehr aus.

Außer den vorstehend genannten Verbindungen von Kohlenstoff und Eisen enthält das Roheisen meist noch eine Menge anderer Stoffe, wie Mangan, Titan, Schwefel, Phosphor, Kiesel, Calcium, Magnesium.

sium etc., von welchen einige, wie Mangan und Titan als unschädliche, Schwefel, Phosphor und Kiesel dagegen als schädliche, durch Umschmelzen möglichst zu beseitigende, Beimengungen des Eisens zu betrachten sind.

II. Die Gewinnung des Schmied- oder Stabeisens.

Das Schmiedeeisen kann direkt aus den Erzen, ein Verfahren, welches jedoch jetzt aufgegeben ist, oder aus dem Roheisen gewonnen werden. Um das Roheisen, welches $3\frac{1}{2}$ —5% Kohlenstoff enthält und infolge hiervon nicht dehnbar ist, zu Schmiedeeisen, d. h. schmiedbar oder dehnbar zu machen, muß man ihm bis zu $\frac{2}{3}$ oder $\frac{1}{2}$ % seines Kohlenstoffgehalts entziehen. Derjenige Prozeß, wodurch das Roheisen in Schmiedeeisen verwandelt wird, heißt der Frischprozeß und beruht hauptsächlich auf der Entfernung der entsprechenden Menge Kohlenstoff und der übrigen fremden Bestandtheile des Roheisens durch Oxydation. Bei diesem Verfahren oxydirt sich das Eisen an der Oberfläche zu Eisenorydul, welches mit der Kieselsäure der Asche eine Schlacke bildet. Beim Durcharbeiten der Masse verbindet sich der Sauerstoff des Eisenoryduls mit dem Kohlenstoff des noch vorhandenen Roheisens zu Kohlenoryd, welches an der Oberfläche zu Kohlen säure verbrennt, während sich sowol das in dem Eisenorydul, als auch in dem Roheisen enthaltene Eisen ausscheidet. Man verwendet zum Frischen nur weißes und zwar möglichst kohlenstoffarmes Roheisen, weil es vor dem Schmelzen erweicht, lange dünnflüssig bleibt und daher den oxydirenden Stoffen eine größere Oberfläche darbietet, ferner, weil der in ihm chemisch gebundene Kohlenstoff leichter verbrennt, als der mechanisch beigemengte des grauen Roheisens. Graues Roheisen sucht man daher vor dem Verfrischen in weißes umzuwandeln. Dies geschieht durch

1. Das Weißmachen oder Weißen.

Diese Umwandlung beruht darauf, daß man dem aus dem Hochofen gewonnenen oder auf besonderen Herden umgeschmolzenen Roheisen nicht Zeit läßt, seinen Kohlenstoff mechanisch auszuscheiden und erfolgt entweder

a. durch bloßes Abschrecken des aus dem Hochofen in die Form abgelassenen Roheisens, indem man es in noch glühendem Zustande mit Wasser begießt, wobei indeß vorzugsweise nur die Oberfläche umgewandelt wird;

b. durch das Scheibenreißen oder Blattelheben, wobei das Roheisen aus dem Hochofen in eine tiefe Grube von ovalem Querschnitt geleitet und in glühendem Zustande mit Wasser begossen wird. Die Oberfläche erstarrt und bildet eine feste Scheibe, welche man von dem darunter befindlichen noch flüssigen Eisen abhebt. Auf letzteres gießt man wieder Wasser und erhält so eine zweite Scheibe, die man gleichfalls abhebt u. s. f., bis sämtliches Roheisen in Gestalt von 25 bis 50 Pfund schweren Blatteln abgehoben ist, die man durch mäßiges Glühen unter Zutritt der Luft in besonderen Herden, sogenannten Bratherden, ihres Kohlenstoffgehalts noch mehr beraubt;

c. durch das Granuliren oder Körnen, wobei man das flüssige Roheisen aus dem Hochofen in einem dünnen Strahle in durch Umrühren stark bewegtes Wasserfließen läßt, worin das Eisen zu Körnern von weißem Roheisen erstarrt;

d. durch das Hartzerrennen und darauf folgendes Scheibenreißen, wobei das Roheisen unter Zutritt der Luft in einen besonderen Ofen, dem Hartzerrennherd, namentlich zur Entfernung des Kiesel- und Mangan-gehalts umgeschmolzen und hierauf wie bei Nr. 2 in Blättern verwandelt und so abgehoben wird;

e. durch das Affiniren, Feinmachen oder Raffiniren, wobei man das Eisen unter Anwendung eines Luftstroms in besonderen Oefen, den sogenannten Affinir- oder Feineisen-Feuern, umschmilzt, um den mechanisch beigemengten Kohlenstoff zu verbrennen und das Eisen in chemische Kohleneisenverbindungen oder weißes Roheisen von möglichst geringem Kohlenstoffgehalt umzuwandeln.

2. Der Frischprozeß oder das Frischen

geschieht entweder

- a. auf Herden (Herdfrischung oder deutscher Frischprozeß) oder
- b. in Flammöfen (Puddlingsprozeß oder englischer Frischprozeß) oder
- c. durch Einblasen von Luft in das geschmolzene Roheisen (Bessemerprozeß).

a. Das Herdfrischen ist unter den genannten das älteste Verfahren und liefert im Allgemeinen ein vorzüglicheres Eisen als das Puddeln. Bei dem Herdfrischen wird das weiße oder in weißes übergeführtes graues Roheisen in Platten von 60—80 Zoll Länge, 9—10 Zoll Breite und 2—3 Zoll Dicke in dem vertieften vierseitigen, mit eisernen Platten oder Backen ausgelegten, Feuerraum oder Trümpel a, s. Fig. 3, des Herdes b so eingeschmolzen, daß das schmelzende Roheisen erst im flüssigen Zustande dem durch die Düse c zugeführten Winde des Gebläses ausgesetzt wird. Zu diesem Zweck füllt man den Feuerraum mit glühenden Holzkohlen, läßt das Gebläse an, bringt das Roheisen in jenen Platten auf den Herd b und schiebt dasselbe gegen die Herdvertiefung in dem Maße vor, als es an der vorderen, dem Feuer ausgesetzten, Seite

Fig. 3. Frischherd.

abschmilzt. Durch die Gebläseluft wird fortwährend ein Theil des im Roheisen enthaltenen Kohlenstoffs zu Kohlensäure verbrannt und das Eisen nach und nach entkohlt. Bei fortgesetzter Erhitzung bildet das

geschmolzene Metall eine teigartige Masse von kohlehaltigem und oxydirtem Eisen. Die Beschaffenheit oder *Gare* dieser Masse untersucht der Arbeiter, indem er mit einem Eisenstab in die Masse stößt. Ist dieselbe von breiartiger Beschaffenheit oder in gutem *garem Gange* und die Entkohlung hinreichend vorgeschritten, so räumt der Arbeiter die Schlacken und Kohlen von ihrer Oberfläche weg, hebt den Eisenklumpen mit einer Stange in die Höhe und zertheilt ihn in mehrere Stücke, die er unter häufigem Ummenden dem Winde des Gebläses aussetzt, eine Operation, welche das *Kohaufbrechen* heißt und so lange wiederholt wird, bis das Eisen *gar* ist. Hierauf nimmt der Frischer das *Garaufbrechen* vor, welches darin besteht, die ganze Eisenmasse durch verstärkte Hitze halbflüssig zu machen, um die Schlacke auszuscheiden. Nach beendigtem *Gareinschmelzen* hebt man die gefrischte Eisenmasse, die sogenannte *Luppe* heraus und bringt sie noch glühend unter den *Aufwerfhammer*, um sie zu *zängen*, d. h. die in ihrem Innern befindliche Schlacke herauszuquetschen und die Eisentheile innig zusammenzuschweißen. Erfolgt dieses Ausquetschen nicht vollständig, so bleiben im Eisen unganze Stellen zurück. Die Luppe wird hierauf in Stücke, sogenannte *Schirbel*, zerschnitten und diese werden dann zu Stäben ausgeschmiedet. Ist der Frischprozeß nicht richtig geleitet worden, so enthält das gefrischte Eisen an einzelnen Stellen mehr Kohlenstoff als an anderen und ist daselbst von härterer oft stahlartiger Beschaffenheit, eine Ungleichheit, welche für die Verwendung des Eisens nachtheilig ist und die spätere Bearbeitung desselben erschwert. Aus 100 Theilen Roheisen erhält man in der Regel 70—75 Theile Stabeisen.

Da das Frischen in offenen Feuern mit Holzkohlen geschieht, so ist es theurer und geht bedeutend langsamer von statten als das Buddeln unter Anwendung von Steinkohlen. Dies ist der Grund, warum das Frischen auf Herden, trotz der hierdurch erzeugten besseren Eisensorte, von dem Frischen in Flammöfen immer mehr verdrängt wird.

b. Das Frischen in Flammöfen oder das Buddeln. Die Flammöfen oder Puddlingsöfen, wovon die Figuren 4 und 5 einen Längendurchschnitt und Grundriß zeigen, werden zur Entkohlung des Eisens deshalb angewendet, damit die Hitze des Brennmaterials besser ausgenutzt wird und die schwefelhaltigen Steinkohlen nicht in unmittelbare Berührung mit dem Eisen kommen. In den Figuren bezeichnet a den Kof, b den Puddlingsherd mit den leicht zu öffnenden und zu schließenden Arbeitsöffnungen c und d, e den Kanal, durch welchen die Gase in den Schornstein gelangen, f die Ablassöffnung für die beim Buddeln gebildete Schlacke. Der Puddlingsherd b besteht aus einem viereckigen eisernen Kasten, in welchen atmosphärische Luft ungehindert durch den Kof a eintreten kann. Auf diesen Herd bringt man eine Decke von Frischschlacken mit einem Zusatz von Hammer-

schlag und erhitzt die Masse, bis ihre Oberfläche weich geworden ist. Hierauf wird das zu entkohlende, am besten weißes oder in weißes übergeführtes graues, Roheisen kalt, oder auch in einem besonderen Ofen vorgewärmt, in einzelnen 15—30 Pfund schweren Stücken bis zu einer Quantität von 250—350 Pfund an den Wänden bis fast zur Decke eingesetzt. Nachdem das Arbeitsloch geschlossen ist, wird durch Aufgeben von Steinkohlen auf den Koft und Oeffnen der an der Mündung des Schornsteins angebrachten Zugklappe der Ofen durch die hindurchstreichende Flamme des Steinkohlenfeuers in volle



Glut gesetzt, bis das Eisen weißglühend wird und an den Wänden zu schmelzen anfängt. Sobald dieser Zeitpunkt eingetreten ist, steckt der Buddler durch eine besondere in der Einfahrtür angebrachte, Oeffnung eine hakenförmige Stange und wendet damit zur Beförderung der Oxydation beziehungsweise der Entkohlung das Eisen so lange, bis es ohne zu schmelzen eine möglichst teigartige Beschaffenheit angenommen hat.

Die Hitze wird nun ermäßigt, damit das Eisen nicht in Fluß kommt und dieses unter beständigem Durcharbeiten möglichst mit der Luft in Berührung gebracht, wobei es durch die Entwicklung von Kohlenoxydgas aufschwillt, welches, nachdem es das Eisen durchbrochen, in blauen Flämmchen abbrennt. Durch

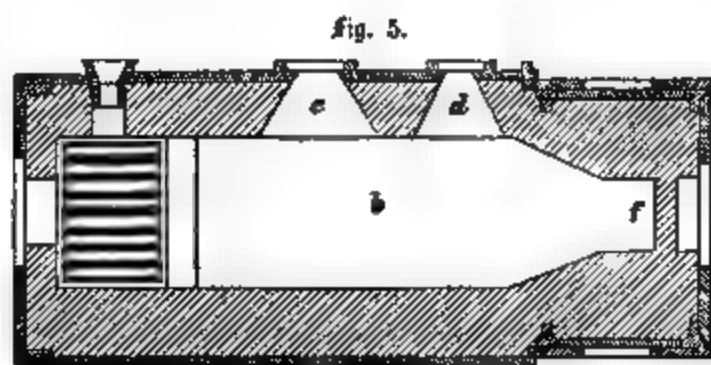


Fig. 4 u. 5. Puddelofen.

diese Entziehung des Kohlenstoffs wird das Eisen trocken und nimmt eine sandige Beschaffenheit an, welche die Umwandlung des Roheisens in Schmiedeeisen anzeigt. Es handelt sich jetzt nur noch darum, die einzelnen trocknen Theilchen zusammenzuschweißen. Zu dem Ende verstärkt der Buddler die Hitze plötzlich wieder, wodurch das Eisen eine zähe, klebrige Beschaffenheit annimmt, und vereinigt die Eisentheilchen durch Hin- und Herrollen zu Ballen oder Kuppen von beiläufig $\frac{1}{2}$ Centner Schwere. Diese, zur Bewirkung einer vollkommenen Schweißung bei verschlossener Thüre nochmals einer hohen Hitze ausgesetzt, werden dann einzeln mittels einer großen Zange aus dem Ofen gezogen und unter

einem Stirnhammer oder Quetschwerk von Schlacke befreit oder gezängt, wodurch die Eisentheilchen noch inniger und fester zusammenschweißen. Die Quetschwerke arbeiten schneller und billiger als Hämmer, entfernen aber die Schlacke bei Weitem nicht so vollständig wie diese und liefern daher ein schlechteres Produkt.

Wo graues oder halbirtes Roheisen zum Buddeln verwendet werden muß, wird dasselbe vor dem eigentlichen Buddeln durch Einschmelzen in eigenen Oefen oder Herden, den sogenannten Affinirfeuern, und plötzliches Abkühlen in weißes Roheisen, sogenanntes Feineisen, umgewandelt.

Das gewöhnliche Brennmaterial zur Erhitzung des Flammofens und des eingesetzten Eisens sind Steinkohlen, jedoch wendet man auch Braunkohlen, Torf und Holz an. Geschieht die Heizung durch Gasfeuerung, so vertritt ein unmittelbar neben dem Herd oder auch getrennt befindlicher Generator die Stelle des gewöhnlichen Feuerraums und die sich hier entwickelnden Gase werden mit einem Strome stark erhitzter atmosphärischer Luft gemischt, in den Buddelofen geleitet, ein Verfahren, welches man das Gasfrischen oder Gaspuddeln nennt.

Zur Entfernung von Schwefel und Phosphor haben Nasmyth, Parry und Andere beim Buddeln und Feinmachen auch die Anwendung von Wasserdämpfen versucht. Man läßt hierbei die Masse des flüssigen Roheisens eine gewisse Zeit vom Wasserdampf mit einem bestimmten Druck durchströmen, wobei eine Zerlegung des Wasserdampfs in Wasserstoff und Sauerstoff stattfindet, wovon der erstere sich begierig mit dem vorhandenen Schwefel und Phosphor des Eisens zu Schwefel- und Phosphor-Wasserstoff verbindet, welche in Gasform ausscheiden, während der Sauerstoff einen Theil des Kohlenstoffs oxydirt und als Kohlenoxyd verbrennt.

Mit dem Herdfrisch- oder Buddlings-Prozeß ist der chemische Prozeß der Stabeisenfabrikation vollendet, aber das hierdurch erzeugte Fabrikat ist noch ziemlich unvollkommen und wird deshalb noch einigen mechanischen Manipulationen ausgesetzt, bevor es zu den im Handel vorkommenden Schmiedeeisensorten verarbeitet wird. Dieselben bestehen in einem Ausrecken und Zertheilen der Luppe in kleinere Stücke, einem Zusammenschweißen der aus diesen Stücken gebildeten Pakete und einem abermaligen oder mehrmaligen Ausrecken dieser geschweißten Pakete.

Das in den Herden gefrischte Eisen wird mittels des Schrotmeißels in Schirbel zertheilt, worauf diese in besonderen Schweißherden zusammenschweißt und dann unter Hämmern weiter ausgeschmiedet werden.

Das in den Buddelöfen hergestellte und gehörig gezängte Eisen wird meist unter Walzwerken mittels der Präparirwalzen in flache, 0,1 Meter breite und 0,01 bis 0,02 Meter dicke Stäbe von 4 bis 5 Meter Länge, die

sogenannten mill-bars Nr. 1, ausgewalzt, welche noch ein grobes Gefüge und bröcklige Ränder haben und deshalb zur unmittelbaren Verwendung noch nicht geeignet sind. Die mill-bars Nr. 1 werden daher mittels einer durch Dampf oder Wasserkraft bewegten großen Schere in 0,5 bis 1 Meter lange Stücke geschnitten, 6 bis 8 dieser Stücke mittels Draht oder Bandeisen zu Paketen vereinigt, im Schweißofen umgeschweißt und unter Hämmern oder Walzen zu mill-bars Nr. 2 ausgereckt. Auch diese Sorte ist noch nicht gleichmäßig genug und wird durch abermaliges Zerschneiden, Zusammenschweißen und Ausrecken in mill-bars Nr. 3 verwandelt, welches schon zu den meisten Verarbeitungen geeignetes Schmiedeeisen darstellt. Je öfter das Eisen in dieser Weise behandelt wird, desto geeigneter ist es zu Brückentheilen, und man pflegt das zu Stäben und Blechen bestimmte Eisen bisweilen einer fünfmaligen derartigen Behandlung zu unterwerfen, indem man beim Schmieden oder Auswalzen und bei der Bildung der Pakete bereits auf die Gestalt und den Zweck der schließlich darzustellenden Gegenstände Rücksicht nimmt.

c. Die Gewinnung des Stabeisens durch den Bessemerprozeß. Wiewol sich gegenwärtig noch nicht absehen läßt, inwieweit das durch Einblasen von Luft in das flüssige Roheisen erzeugte sogenannte Bessemermetall beim Brückenbau Anwendung finden kann, so läßt doch die große Ausbreitung, welche dieser Prozeß in der letzten Zeit erfahren hat, sowie das durch ihn schon jetzt ermöglichte treffliche Fabrikat vermuthen, daß dasselbe nach hinreichender Prüfung und Feststellung seiner Eigenschaften, auch zur Herstellung von Brücken dienen wird. Nimmt man an, daß diese Eigenschaften unbeschadet anderer beim Brückenbau in Betracht kommender Umstände in einer größeren Festigkeit gegen Zug und Druck bestehen, als diese das bis jetzt verwendete, durch Herdfrischen oder Puddeln gewonnene, Schmiedeeisen besitzt, während die Herstellungskosten des Bessemereisens dieselben bleiben, so werden Brückenkonstruktionen von der gleichen Festigkeit mit geringerem Material- und folglich Kosten- aufwand oder, bei gleichen Herstellungskosten, von einem höheren Sicherheitsgrade möglich, Umstände, welche nicht wenig in die Waagschale fallen. Da durch das Bessemerverfahren das Roheisen ebensowol in Stahl als Schmiedeeisen verwandelt werden kann, so sprechen die bereits bekannte größere Festigkeit des Stahls, sowie die relativ geringere Neigung zur Oxydation zu Gunsten der Anwendung des Bessemerstahls, weshalb wir das Bessemerverfahren unter der Herstellung des Stahls behandeln werden.

d. Auswahl des zum Brückenbau tauglichen Schmiedeeisens. Die zum Brückenbau vorzugsweise verwendeten Schmiedeeisensorten sind:

1. Das sogenannte sehnige Eisen mit im Querbruch hellgrauer Farbe und mattem Glanze, sowie mit im Längsbruch silberfarbig hellem Glanz und feinem glatten Faden.

2. Das sogenannte Feinkorneisen, eine Zwischenstufe zwischen sehnigem Eisen, das es an Härte und Festigkeit, nicht aber an Zähigkeit übertrifft, und Buddelstahl, mit silberhell glänzendem, feinem und gleichmäßigem Korn.

Vom sehnigen Eisen, welches fast ausschließlich zur Herstellung von Facon-eisen verwendet wird, unterscheiden die Hütten mehrere Sorten von verschiedener Güte. Feinkorneisen ist theurer als sehniges Eisen, weil es zur Herstellung reineres Rohmaterial erfordert und beim Schweißen und Auswalzen sorgfältiger behandelt werden muß, indem es eine so hohe Temperatur wie das sehnige Eisen nicht verträgt, mithin wegen des kälteren Zustandes, worin es gewalzt werden muß, stärkere Walzen erheischt.

Im Allgemeinen hängt der Preis gangbarer Eisensorten von der Anzahl der zum Packetiren, Ausschmieden und Walzen nöthigen Schweißhitzen ab, insbesondere wegen des dabei erfolgten Abbrandes und des dazu verwendeten Brennmaterials; ferner von dem Gewicht größerer, schwer zu handhabender und anzuwärmender Pakete, von theuren und selten gebrauchten Einrichtungen, schwierig zu walzenden und leicht Walzenbruch bewirkenden, sowie im Verhältniß zur erforderlichen Arbeit nicht ins Gewicht fallenden Abmessungen und Kalibern.

Für eine gewisse Reihe von Formen und deren Abmessungen, deren Anfertigung für die Hüttenwerke am billigsten ist, wird ein den jedesmaligen Konjunkturen entsprechender Grundpreis per Gewichtseinheit angesetzt, während der Preis für schwierigere Formen und Abmessungen aus dem Grundpreise und einem entsprechenden Zuschlags- oder Ueberpreise per Gewichtseinheit zusammengesetzt wird.

III. Die Gewinnung des Stahls.

Der Stahl ist zwar bis jetzt weniger als das Guß- und Schmiedeeisen zum Brückenbau verwendet worden. Insbesondere ist seine Anwendung zu ganzen Brückenträgern auf verhältnißmäßig wenige, darunter auf die im Anfang dieses ersten Abschnitts aufgeführten, Brücken, beschränkt geblieben. Dagegen werden gerade sehr wichtige, einem starken Druck auf die Quadrateinheit ausgesetzte, Theile übrigens schmiedeeiserner Brücken, wie die stumpfen Auflagerschneiden und die durch Temperaturveränderungen bedingten Auflagerwalzen balkenartiger und aufgehängter Träger, die Widerlags- und Scheitelbolzen der Charnierbrücken zc. gegenwärtig meist von Stahl hergestellt. Die Betrachtung der Gewinnung und Verarbeitung des Stahls ist daher hier um so weniger zu umgehen, als bei der großen Vervollkommenung desselben in Bezug auf die Qualität und die Preiserniedrigung des Produkts für den Ingenieur ein Grund liegt, dem mit so großer Leistungsfähigkeit begabten Stahl, insbesondere dem Buddel- und Gußstahl als Konstruktionsmaterial von Brückentheilen und ganzen Brückenträgern künftig seine besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Da der Stahl $\frac{2}{3}$ bis 2 % Kohlenstoff enthält, während das Roheisen $3\frac{1}{2}$ bis 5 und Schmiedeeisen $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ % Kohlenstoff besitzen, so bildet der Stahl eine Mittelstufe zwischen Roh- und Schmiedeeisen und kann daher gewonnen werden:

- A. indem man dem Roheisen Kohlenstoff entzieht,
- B. indem man dem Schmiedeeisen Kohlenstoff hinzufügt,
- C. indem man Roheisen und Schmiedeeisen derart vereinigt, daß das Produkt den dem Stahl entsprechenden Kohlenstoffgehalt besitzt.

Der auf einem dieser drei Wege gewonnene Stahl ist noch von roher Beschaffenheit, weshalb er Rohstahl heißt und muß durch Ausrecken und Aus Schmieden, das sogenannte Gärben oder Raffiniren des Stahls, oder durch Umschmelzen und Ausrecken zu Gußstahl verfeinert und verbessert werden.

1. Die Gewinnung des Rohstahls.

A. Die Gewinnung des Rohstahls aus dem Roheisen. Da die Gewinnung des Stahls aus Roheisen darauf beruht, dem Roheisen einen Theil seines Kohlenstoffs zu entziehen, so lassen sich dieselben Verfahren anwenden, welche zur Darstellung des Schmiedeeisens aus dem Roheisen dienen, wenn man nur den Prozeß der Kohlenentziehung früher unterbricht. Wir haben daher a. das Stahlfrischen in Herden, b. das Stahlfrischen in Flammöfen oder das Stahlpuddeln und c. die Bessemer'sche Stahlbereitung zu betrachten.

a. Das Stahlfrischen in Herden. Das Stahlfrischen in Herden ist die älteste bekannte Methode, Rohstahl aus Roheisen zu gewinnen. Wie zum Stabeisenfrischen verwendet man auch zum Stahlfrischen am besten mit Holzkohlen erblasenes weißes Roheisen und hierunter wieder Spiegeleisen, welches zu mit Kerben versehenen Barren, sogenannten Stahlkuchen, gegossen ist, sodaß man Stücke von 30—50 Pfund, sogenannte Heizen, leicht abbrechen kann. Solche Heizen werden allmählig und nach dem Fortschritt, welchen der Frischprozeß macht, in das Feuer der Herde eingesetzt. Das Verfahren des Frischens selbst hat die größte Ähnlichkeit mit dem früher beschriebenen Frischprozeß und erfordert nur größere Vorsicht, besonders in der Leitung des Windes, damit nicht mehr Kohlenstoff verbrennt, als dem Roheisen entzogen werden muß, um zu Stahl zu werden. Die fertig gefrischte Luppe heißt der Stahlschrei, welcher unter dem Hammer gezängt und in 6—8 Schirbel zerschlagen wird, worauf die einzelnen Schirbel zu $\frac{3}{4}$ ölligen Stäben ausgereckt werden. Der auf diese Weise gewonnene rohe Stahl, auch wol Schmelzstahl genannt, wird meist durch Gärben, seltener durch Umschmelzen verbessert.

b. **Das Stahlfrischen in Flammöfen oder das Stahlpuddeln.** Das erst seit 14—15 Jahren im Großen betriebene Stahlpuddeln gewährt dem Stahlfrischen in Herden gegenüber alle diejenigen Vortheile, welche der Puddlingsprozeß dem Herdfrischprozeß gegenüber darbietet und welche in der billigeren Herstellung durch Anwendung der Steinkohlen statt der Holzkohlen, besseren Ausnutzung der Hitze, schnelleren Produktion und der Möglichkeit, größere Massen auf einmal zu bearbeiten, besteht.

Die Flammöfen zum Stahlpuddeln sind den Eisenpuddelöfen ganz ähnlich. Ihre Herdsohlen werden durch eine Wassercirculation kühl gehalten, welche sich durch Hähne reguliren und absperren läßt. Auch zum Stahlpuddeln eignet sich, wie zum Eisenpuddeln, ganz besonders weißes Rohstahleisen und Spiegeleisen. Von besonderer Wichtigkeit sind die zuzusetzenden, die Entkohlung befördernden, sogenannten garenden Mittel, welche diese Eigenschaft hier wegen des relativ größeren Kohlenstoffgehalts des Stahls, in geringerem Grade besitzen müssen und in Rohschlacke, Braunstein und Kochsalz bestehen. Das Verfahren des Stahlpuddelns besteht auch hier in dem Einsetzen und Einschmelzen, dem Schlackenzusatz, dem eigentlichen Entkohlen oder Garen der Masse und dem Luppenmachen. Besondere Vorsicht erfordert das Garen, damit die Masse weder in Schmiedeeisen übergeht, in welchem Falle die Hitze zu steigern und Hammerschlag zuzusetzen ist, noch sich ganz oxydirt und verschlackt, in welchem Falle die Hitze gemindert und nachträglich noch Schlacke aufgegeben werden muß. Sind die Rohstahlluppen geformt, so werden sie herausgezogen und unter einem Dampfhammer gezängt, worauf man sie entweder sogleich in den Schweißofen bringt oder sie zur Erhaltung ihrer Hitze vorher unter einer Schicht Kohlenlöschte aufhebt. In dem Schweißofen werden die Luppen mit Kohlenklein bedeckt, um sie einer zu starken Einwirkung der Gebläseluft zu entziehen, wenn sie gehörige Schweißhitze erlangt haben, unter Hämmern zu Stäben von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Meter ausgereckt und zum Härten in kaltes Wasser geworfen. Diese Stäbe werden entweder als die geringste Qualität sofort verwendet, oder mit Handhämmern zerschlagen, wobei die leicht springenden die erste, die leicht brechenden die zweite Sorte bilden, und hierauf entweder zu Gußstahl umgeschmolzen oder durch Gärben verbessert.

c. **Die Gewinnung des Stahls durch den Bessemerprozeß.** Bei Behandlung der Schmiedeeisenfabrikation wurde bereits auf die Wichtigkeit dieses Prozesses hingewiesen, welcher darin besteht, daß man reines Roheisen in flüssigem Zustande in einem eisernen, mit feuerfestem Sandstein, dem in Sheffield unter der Kohle vorkommenden sogenannten Ganiſter, ausgefütterten Ofen bringt und so lange Gebläseluft durchleitet, bis sich der Kohlenstoffgehalt des Roheisens durch Verbrennen desselben entweder zu dem des Stahls verringert hat, in welchem Augenblicke man den Stahl ausgießt

(schwedisches Verfahren), oder bis sich derselbe gänzlich verloren hat, worauf man die dem Kohlenstoffgehalt des Stahls entsprechende Menge flüssiges Spiegeleisen zusetzt (englisches Verfahren). Durch die Verbrennung des Kohlenstoffs entwickelt sich bei hinreichender Eisenquantität, welche nicht unter 17 Centner betragen darf, so viel Wärme, daß diese das Eisen auch dann flüssig erhält, wenn man ungeschmolzenes Eisen zusetzt. Das Roheisen wird hierdurch ohne allen Aufwand von Brennstoff und Handarbeit in 10 Minuten in vorzüglichem Gußstahl verwandelt.

Der Bessmerofen⁵⁾, s. Fig. 6 und 6a, wegen seiner Gestalt auch wol Bessmerbirne genannt, hat die Form einer Retorte und ruht auf Ständern mittels zweier Zapfen a, um die er zum Zweck des Ausgießens mittels der Kuppelung k gedreht werden kann. Am Boden befindet sich ein Windkasten b, in welchen durch das mit dem Ventil v versehene Zuleitungsrohr o Luft eingeblasen wird, die sich von da durch



zahlreiche Düsen c von feuerfestem Thon

durch das Eisen vertheilt und durch einen

stärkeren Gegendruck

Eisenmasse diese am

Ausfließen in den

Windkasten verhin-

dern muß. Die Luft

wirkt nicht nur che-

misch durch Oxyda-

tion des Kohleneisens,

sondern auch mecha-

nisch durch die in-

nige Mischung des

schon oxydirten und

noch unentkohlten

Eisens zu einer voll-

kommen gleichartigen Masse. Bei Gegenwart von Schwefel und Phosphor

im Eisen und um diese schädlichen Beimengungen zu entfernen, bläst man statt atmosphärischer Luft überhitzten Wasserdampf ein, welcher in Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt wird, wovon der erstere das Kohleneisen oxydirt, der letztere sich mit dem Schwefel und Phosphor verbindet und als Schwefel- und Phosphormwasserstoff entweicht.

Zur Ausführung des Processes wird das Innere der Birne durch stark angeblasenes Coaksfeuer zum Weißglühen gebracht, worauf das Brennmaterial durch Umdrehen des Gefäßes ausgestürzt und nach dem Zurückdrehen in die Lage g h i durch eine Rinne mit dem, aus dem naheliegenden Schmelzofen d abgelassenen, flüssigen Roheisen gefüllt wird. Hierauf wird noch 10—15 Minuten lang Luft eingeblasen, während die Entkohlung des Eisens unter lebhaftem Funkensprühen und Aufflammen vor sich geht. Der Fortgang der Entkohlung läßt sich einigermaßen aus den entweichenden Gasen und durch Einstoßen von Brechstangen beurtheilen. Bei dem englischen Verfahren wird das in einem anderen Ofen geschmolzene und zugelegte weiße Roheisen durch Hin- und Herschaukeln der Birne mit deren Inhalt möglichst innig gemengt, worauf man die Masse durch Umdrehen der Birne in einen Kessel e, dessen Boden mit einem Pfropfen f versehen ist, stürzt, von wo die flüssige Stahlmasse durch Ausziehen jenes Pfropfens in eine gußeiserne Form abgelassen wird.

Das weiße, dem Schmiedeeisen entsprechende Bessemermetall kommt dünnflüssig aus dem Ofen und eignet sich, da es unter allen weißen Eisensorten am reinsten von Schlackentheilen ist, besonders für Kesselblech und Draht, während das vorzugsweise dargestellte härtere Bessemermetall bis jetzt zwar nicht alle Eigenschaften des besten Stahls besitzt, aber für sehr viele Zwecke den Stahl ersetzen kann.

B. Die Gewinnung des rohen Stahls aus dem Stabeisen. Die hierzu erforderliche Vermehrung des Kohlenstoffs im Schmiedeeisen erfolgt im Allgemeinen durch Glühen des Stabeisens mit Kohlenpulver unter Ausschluß des Luftzutritts, wodurch der sogenannte Brenn- oder Cementstahl erhalten wird.

Um einen guten Cementstahl zu erhalten, ist es nothwendig, reines, aus zu erblasenem Roheisen dargestelltes, Stabeisen anzuwenden, wie es in der Ural liefert. Das schwedische, aus Magnetersenstein und zu dargestellte Schmiedeeisen wird in großen Quantitäten von England und Frankreich bezogen, um dort in Cementstahl verwandelt zu werden, da selbst das beste englische Stabeisen nur zu gewöhnlichen Stahlorten zu verwenden ist. Dieser Cementstahl, sowie der in neuester Zeit hergestellte Bessemerstahl, bilden das Hauptmaterial der englischen Gußstahlfabrikation, die ihren Sitz in Sheffield hat.

Das zur Cementstahlfabrikation benutzte Schmiedeeisen verwendet man in

flachen Stäben von $1\frac{1}{2}$ —3 Zoll Breite und nicht über $\frac{3}{8}$ Zoll Dicke, wenn der Cementstahl später gegärbt und bis zu $\frac{3}{4}$ Zoll, wenn der Cementstahl später zu Gußstahl umgeschmolzen werden soll. Diese Stäbe werden in gemauerte Kästen aus feuerfestem Thon oder Stein von $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Meter Breite, 2—4 Meter Länge und bis $\frac{1}{2}$ Meter Höhe hochkantig eingepackt, sodaß zwischen den Stäben überall ein Zwischenraum von $\frac{3}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ Centimeter bleibt, der mit Holzkohlenklein, dem bisweilen Holzasche mit Kochsalz, Potasche mit Kochsalz etc. zugesetzt wird, dem sogenannten Cementirpulver ausgefüllt wird, und die Kästen nach dem Einsetzen des Eisens vermauert, mit Thondeckeln geschlossen und dicht verschmiert. Zwei bis acht solcher Kästen mit einem Eisengehalt von 50 bis 300 Ctr. stehen in einem Ofen, in welchem sie unten und an den Seiten vom Feuer umspielt werden können. Die Hitze des Ofens wird binnen 2—4 Tagen bis zur Weißglühhitze des Eisens gesteigert und 5—8 Tage gleichmäßig erhalten, worauf man den Ofen abkühlen läßt und die cementirten Stäbe herausnimmt. Um den Gang des Ofens oder die Fortschritte der Cementation beurtheilen zu können, legt man beim Einpacken einige Probestäbe so ein, daß sie von außen herausgezogen werden können. Die Stäbe, bei welchen die Cementation von außen nach innen vorgedrungen ist, zeigen an ihrer Oberfläche kleinere oder größere Blasen, weshalb der Cementstahl auch Blasenstahl genannt wird, und im Innern ein aus dem Sehnigen ins Körnige übergegangenes Gefüge. Der so gewonnene Blasenstahl wird theils durch Gärben, theils durch Umschmelzen verbessert.

C. Die Gewinnung des Stahls durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit Schmiedeeisen. Der Erfolg der soeben betrachteten Methoden der Stahlbereitung, sowol durch Entziehung des Kohlenstoffs aus dem Roheisen als durch Zuführung von Kohlenstoff zu dem Schmiedeeisen hängt größtentheils von der Uebung und Geschicklichkeit des Arbeiters ab und ist, da dieser den Kohlenstoffgehalt des Stahls nie genau bestimmen kann, mehr oder minder unsicher. Auf diesen Mißstand hat zuerst Karsten hingewiesen und die Produktion eines Stahls von bestimmtem Kohlenstoffgehalt durch Zusammenschmelzen eines Roh- und Stabeisens von gleichfalls bestimmtem Kohlenstoffgehalt veranlaßt. Man verarbeitet hierzu ein aus reinem Spath- und Brauneisenstein dargestelltes weißes Roheisen von 5—5,6 % Kohlenstoff und ein aus denselben Erzen hergestelltes reines oder schwedisches Stabeisen von 2,5 % Kohlenstoffgehalt, welche Materialien in den erforderlichen Gewichtsverhältnissen in feuerfesten Tiegeln in einem Ofen, unter Abschluß der Luft, zusammengeschmolzen werden, wobei das leichtflüssigere Roheisen zuerst in Fluß kommt und hierdurch das schwerflüssigere Stabeisen ebenfalls zum Schmelzen bringt. Der hierdurch gebildete Gußstahl wird, nachdem innerhalb des Ofens die Deckel der Tiegel geöffnet und die Schlacken abgeschöpft worden

sind, rasch in gußeiserne Formen abgelassen und zum Erkalten gebracht, worauf die erkalteten Gußstahlstücke gleichmäßig in Flammöfen erhitzt und ausge-
schmiedet oder gewalzt werden.

2. Die Verbesserung des rohen Stahls.

Das durch die vorbeschriebenen drei Hauptmethoden der Stahlerzeugung erhaltene Produkt ist wegen unganzer Stellen oder wegen ungleich vorgeschrittener Entziehung oder Zuführung von Kohlenstoff noch ziemlich ungleichförmig und wird, um ihm die nöthige gleichmäßige Beschaffenheit zu geben, wie auf S. 21 bereits angedeutet, durch das sogenannte Gärben oder Raffiniren ausgerecht und ausgeschmiedet oder durch Umschmelzen und Ausrecken in Gußstahl verwandelt.

A. Das Gärben oder Raffiniren des Stahls. Das Gärben des Stahls besteht in einem Ausrecken desselben unter Schwanzhämmern, wobei die Stahlstäbe zu etwa 0,6 Meter (2 Fuß) langen, 4 Centimeter ($1\frac{1}{2}$ Zoll) breiten, 2—3 Millimeter ($1—1\frac{1}{2}$ Linien) dicken Schienen ausgeschmiedet werden, eine Operation, die man das Plätten nennt. Werden solcher Schienen sechs und mehr zu einem Packete oder einer Garbe zusammengelegt, zusammengeschweißt und zu einem quadratischen Stücke ausgeschmiedet, so erhält man den einmal gegärbten Stahl. Wird diese Stange in der Mitte zerhauen, die beiden Hälften nochmals aufeinander geschweißt und ausgerecht, so entsteht zweimal gegärbter Stahl, eine Operation, welche man zum dritten Mal oder noch öfter wiederholt; wodurch der Stahl zwar stets besser wird, aber bei jedem Gärben 6—12 % durch Abbrand verliert.

B. Das Umschmelzen des rohen Stahls zu Gußstahl. Die Verbesserung des Rohstahls durch Umschmelzen wurde zuerst von Huntsmann in England im Großen ausgeführt, woher sein Fabrikat auch den Namen Huntsmannstahl erhielt, und ist jetzt wegen des besseren Produkts viel mehr verbreitet, als die Verbesserung des Stahls durch das Gärben. Der umzuschmelzende Rohstahl (Frisch- oder Buddelstahl), Bessemerstahl oder Cementstahl wird hierbei in Brocken zertheilt und in mit Deckeln verschlossenen Schmelztiegeln aus dem besten feuerfesten Thon in, durch natürlichen Luftzug mittels Coaks oder Steinkohlen geheizten, Schmelzöfen innerhalb 4—5 Stunden geschmolzen, worauf die Tiegel aus dem Ofen genommen werden und der geschmolzene Stahl in gußeiserne Formen gegossen wird. Aus diesen Formen, welche aus je zwei miteinander verankerten Hälften bestehen, wird das gegossene Stahlstück herausgenommen und unter starken Dampf-
hämmern oder Walzen in die beabsichtigte Form ausgeschmiedet oder ausgewalzt. Der so erhaltene Gußstahl besitzt desto mehr Schweißbarkeit, je geringer sein

Kohlenstoffgehalt ist, desto größere Hitze erfordert er aber auch zur Schmelzung und desto geringer ist die Härte, welche er annehmen kann.

C. Auswahl der zum Brückenbau tauglichen Stahlorten. Der zum Brückenbau verwendete Stahl ist hauptsächlich entweder :

1. **Puddelstahl** mit im Bruche silberhell glänzendem und gleichmäßigem Korn, welches feiner ist als beim Feinkorneisen und sich wie jeder Stahl härten läßt, oder
2. **Gußstahl**, der jetzt in größeren Quantitäten wol meist durch Bessern aus sehr reinem Roheisen hergestellt wird und im Bruche an Feinheit und Gleichmäßigkeit des Korns den Puddelstahl übertrifft.

Der Puddelstahl ist wegen des zu seiner Darstellung erforderlichen reineren Rohmaterials und der beim Schweißen und Auswalzen nöthigen sorgfältigeren Behandlung schon theurer als sehniges Eisen, durch Schmelzen von Puddelstahl hergestellter Gußstahl ist natürlich theurer als ersterer. Der gegenwärtig noch verhältnißmäßig hohe Preis des Bessmerstahls liegt zunächst an der großen erforderlichen Reinheit des Roheisens, dann aber auch in den großen Kosten der ersten Anlage und in dem Mangel an Konkurrenz.

Die Preise der einzelnen Stahlorten, hinsichtlich ihrer Formen und Abmessungen, hängen zum größten Theil von den erwähnten, für die Auswahl der zum Brückenbau tauglichen Schmiedeeisensorten maßgebenden Umständen ab.

Drittes Kapitel.

Verarbeitung und Verarbeitungsformen des Eisens.

Die Verarbeitung des Eisens zu Brückentheilen oder Bautheilen überhaupt zerfällt in die Herstellung der roheren Formen und in die feinere Ausarbeitung der so erhaltenen Eisensabrikate. Die Darstellung der rohen Formen beruht theils auf der Schmelzbarkeit, theils auf der Dehnbarkeit des Eisens und zerfällt hiernach in die Eisengießerei und in die Ausrectungsarbeiten des Eisens durch mechanisches Schmieden, Walzen und Ziehen zu Stäben, Blech und Draht.

Die feinere Ausarbeitung der so erhaltenen Fabrikate geschieht entweder in warmem Zustande des Eisens durch die Handschmiede oder in kaltem Zustande und hier entweder durch Handarbeit, die Bauschlosserei, oder durch Maschinenarbeit, die mechanische Schlosserei, in mechanischen Werkstätten.

Alle diese Bearbeitungsweisen des Eisens von der rohen bis zu der ausgebil-

detsten Form sind bei der Herstellung von Brückentheilen mehr oder minder erforderlich. Wir betrachten daher und zwar nach dem Grade dieser Betheiligung:

- I. Die Verarbeitung des Eisens durch Gießen oder die Eisengießerei;
- II. Die grobe Verarbeitung des Eisens durch mechanische Arbeit;
- III. Die feinere Verarbeitung des Eisens im warmen Zustande durch Handarbeit;
- IV. Die feinere Verarbeitung des Eisens im kalten Zustande durch Handarbeit;
- V. Die feinere Verarbeitung des Eisens im kalten Zustande durch mechanische Arbeit. —

I. Die Verarbeitung des Eisens durch Gießen oder die Eisengießerei.

Die zu baulichen Zwecken dienenden Gießereien beschäftigen sich mit der Herstellung von Konstruktionstheilen aus Roheisen oder Gußstahl und sind für den Bau eiserner Brücken von großer Wichtigkeit, indem nicht nur einzelne wichtige Bestandtheile derselben, sondern ganze Brückenträger in einem oder mehreren Stücken, Brückenpfeiler, ja wesentliche Theile von Brücken-Fundamenten durch Gießen hergestellt werden. Die erste eiserne Brücke, welche im Jahre 1779 zu Coalbrookdale über die Saverne erbaut wurde, besteht ganz aus Gußeisen, ebenso eine große Anzahl balkenartiger und gestützter Brücken, wovon die ersteren wegen der besseren Qualität der schmiedeeisernen Balkenträger zwar mehr und mehr abkommen, aber die letzteren bis in die neueste Zeit ausgeführt werden. Eine nicht unbedeutende Anwendung findet das Gußeisen auch noch jetzt zur Herstellung derjenigen Theile gemischteiserner Brücken, welche nur einem Druck ausgesetzt sind, während die auf Zug beanspruchten aus Schmiedeeisen bestehen. Eine fast ausschließliche Anwendung von Gußeisen oder Gußstahl wird aber zu allen denjenigen Theilen eiserner Brücken gemacht, welche deren Trägern zur festen oder beweglichen Unterlage dienen, wie zu den Widerlagsplatten der gestützten und den Unterlagsplatten der aufgehängten und balkenartigen Träger.

Bei den Pfeilerkonstruktionen der Brücken tritt das Gußeisen entweder in der Form von Cylindern auf, welche aneinander geschraubt und mit Beton oder Mauerwerk ausgefüllt werden oder in der Form von Platten und Stäben, die, gleichfalls untereinander verschraubt, Wandungen oder Rippen jener eisernen Pfeiler bilden, welche die Brückenträger aufnehmen.

Wo das Gußeisen zu Brückenfundamenten verwendet wird, dient es entweder in Stab- und Plattenform zu Spundwänden oder in Stab- oder Röhrenform zu Krostpfählen, welche mit gußeisernen Platten überdeckt und unter sich verbunden werden.

Auch bei Herstellung von Eisbrechern hat das Gußeisen Anwendung gefunden.

Zur Anfertigung von Gußstücken bedarf man der sogenannten Form, eines von Wandungen umschlossenen Hohlraums von der jenen entsprechenden Gestalt, welcher mit dem geschmolzenen Metall gefüllt werden soll. Zur Ausparung dieses Hohlraums wird ein Modell des zu gießenden Gegenstandes aus Gips, Holz oder auch Eisen hergestellt, in einem plastischen Material abgedrückt und wieder herausgenommen, worauf jener Hohlraum zurückbleibt. Die Form wird nun mit geschmolzenem Metall ausgegossen, nach dem Erstarren des Metalls das Gußstück herausgenommen und von dem anhängenden Material der Form und des Metalls gereinigt.

Die Arbeiten des Gießens zerfallen hiernach in

1. die Anfertigung der Modelle,
2. die Bildung der Formen,
3. das Schmelzen des einzugießenden Metalls,
4. das Gießen des Metalls in die Form,
5. das Ausheben und Reinigen des Gußstückes.

1. Die Anfertigung der Gußmodelle. Gipsmodelle werden wegen ihrer Zerbrechlichkeit und Modelle aus Metall, z. B. Gußeisen und Bronze, wegen ihrer Kostspieligkeit nur selten und letztere hauptsächlich da angewendet, wo voraussichtlich nach und nach viele Abgüsse zu machen sind. Zu den am meisten gebrauchten Holzmodellen wählt man am besten trocknes geradspaltiges Erlen-, Kiefern- oder Kastanienholz sowol wegen seiner Weichheit und Leichtigkeit, als auch deshalb, weil diese unter allen inländischen Holzarten am wenigsten dem Schwinden nach der Quere ausgesetzt sind. Um diese Modelle gegen die Folgen der Feuchtigkeit, wie Werfen und Reißen, möglichst zu schützen und sie leichter aus der Form ausheben zu können, werden sie am besten polirt, d. h. mit einer Lösung von Schellack in Weingeist abgerieben. — Die Herstellung eines Modells erfordert nun, daß:

- a. es sich formen lasse,
- b. es sich aus der Form heben lasse, ohne sie zu beschädigen,
- c. der zu gießende Gegenstand die beabsichtigte Gestalt und Größe erhalte.

Bei Unterscheidungen zerlegt man deshalb das Modell in einzelne Theile, formt diese einzeln und setzt nachher die Form zusammen. Alle Höhlungen und Durchbohrungen, welche ein Gußstück erhalten soll, werden durch massive Körper aus Sand oder Lehm, sogenannte Kerne gebildet, welche die Gestalt der Höhlung haben und an den entsprechenden Stellen eingesetzt werden. Um das Ausheben ohne Beschädigung der Form bewirken zu können, fertigt man Modelle von prismatischer Form etwas verjüngt an oder theilt dieselben oder rundet alle einspringenden oder vorspringenden Kanten ab u. s. w. Weil das Gußeisen beim Erstarren sich zusammenzieht, müssen

die Modelle etwas größer gemacht d. h. deren Abmessung nach dem sogenannten Schwindmaßstab vergrößert hergestellt werden. Nach den verschiedenen in Bezug hierauf zu untersuchenden Eisensorten zieht sich das Eisen $\frac{1}{98}$ — $\frac{1}{95}$, im Durchschnitt $\frac{1}{97}$ zusammen, weshalb alle Längendimensionen des Modells um diese Bruchtheile zu verlängern sind.

Die Anfertigung der hölzernen Gußmodelle im Großen geschieht in Modellirwerkstätten oder Schreinereien unter Anwendung von Hobelbänken, Drehbänken mit sämtlichen zugehörigen Werkzeugen und solchen Maschinen, welche, wie Kreissägen, Raderschneidmaschinen u. s. w. die Anfertigung von Modellen erleichtern. Die Gestalt der Brückenträger oder ihrer Modelle ist von großem Einfluß auf die Widerstandsfähigkeit ihres Materials und muß so beschaffen sein, daß das flüssige Eisen sich in der Form leicht und rasch vertheilt und beim Erkalten überall gleichmäßig zusammenzieht. Hindernisse, welche das Gießen erschweren und ein gleichmäßiges Schwinden verhindern, erzeugen äußere Formveränderungen oder ungleiche Spannungen im Innern der Gußstücke, welche ihre Festigkeit vermindern. Unter solche Hindernisse gehören:

1. Querrippen, Ansätze und Durchbrechungen gußeiserner Balken oder Wölbstücke.

2. Löcher in den Gußstücken zu deren Verbindung durch Bolzen, welche außerdem die der Beschaffenheit des Eisens nachtheiligen Gußblasen befördern.

3. Einseitige Verstärkungsrippen oder Verzierungen, welche man gewöhnlich nur bei den weniger belasteten Stirnrippen der Brücken anbringt.

4. Ungleiche Stärke der einzelnen Theile des Gußstücks, z. B. der Stehrippe und Flanschen von doppelt T-förmigen Brückenbalken.

5. Uebermäßige Größe oder zu geringe Stärke der Gußstücke, welche beide das rasche Ausfüllen der Form mit dem flüssigen Eisen erschweren.

Die besten Modelle zu Brückenträgern sind daher solche, welche von mittlerer Abmessung, symmetrisch, möglichst homogen und von gleichmäßiger Stärke ihrer einzelnen Theile gebildet werden, und es kann nicht befremden, wenn die Widerstandsfähigkeit des Gußeisens bei gewissen Brückenträgern bisweilen nicht genügend befunden und in Folge dessen seine Anwendung überhaupt beanstandet wird, wenn von dem Ingenieur die Anordnung der Gußstücke nicht der Operation des Gießens und der Natur des Gußeisens entsprechend getroffen wurde.

2. Die Bildung der Gießformen. Unter der Gießform versteht man den von Wänden aus plastischem oder starrem Material umschlossenen, auszugießenden Hohlraum. Die zur Herstellung dieser Wände verwendeten plastischen Materialien sind Sand, Masse oder Lehm. Sie liefern Formen, welche nur einen Guß aushalten und die deshalb verlorene Formen heißen. Die starren Materialien sind Metalle oder Metalllegirungen

und liefern Formen, welche mehrere Güsse aushalten und Schalen heißen. Man unterscheidet hiernach das Gießen in verlorenen Formen und das Gießen in Schalen oder den Schalenguß. Die Sand- und Masseformen werden meistens durch Abdruck der Modelle und durch Einsetzen der entsprechenden Kerne oder Kernstücke, entweder auf dem Boden oder dem Herd des Gießhauses oder in sogenannten Formkästen hergestellt, wonach man beziehungsweise die Herdformerei und die Kastenformerei unterscheidet. Die Masseformerei ist jederzeit eine Kastenformerei, die Lehmformen werden dagegen unmittelbar, d. h. ohne Modell hergestellt.

Von besonderer Wichtigkeit für das Bauwesen überhaupt und den Bau eiserner Brücken insbesondere sind die Herd- und Kastenformerei.

A. Die Herdformerei. Sie dient zur Darstellung großer, grober Gußstücke, wie Fundamentplatten, Balken, Brückenbrüstungen u. s. w. Derjenige Theil der Sohle des Hüttengebäudes, welcher den Herd bildet, besteht bis zu einer Tiefe von 0,4 — 0,5 Meter ($1\frac{1}{4}$ — 2 Fuß) aus mehr oder minder reinem Formsand, in welchen das Modell mit Hülfe der Setzwage wagerecht und scharf abgedrückt wird. Soll die Oberfläche eben werden, so läßt man das eingegossene Material sich von selbst ins Niveau stellen, in welchem Falle man offene Herdformerei betreibt; soll jene Oberfläche eine bestimmte nicht ebene Gestalt erhalten, so deckt man über die offene Form einen dieser Gestalt entsprechenden Deckel nach Art der Formkästen, in welchem Falle man sich der verdeckten Herdformerei bedient.

B. Die Kastenformerei. Sie dient zur Herstellung der kleineren und feineren Gußtheile der Brücken- und Hochbau-Konstruktionen und erfordert hölzerne oder eiserne Kasten ohne Boden, die sogenannten Formkästen, welche mindestens aus zwei aufeinander passenden Hälften, dem Ober- und Unterkasten bestehen, die durch Zapfen und diesen entsprechende Löcher unverschieblich auf einander gesetzt und durch Schraubzwingen zusammengehalten werden können. Die kleineren Kasten erhalten Handgriffe, die größeren Zapfen, mittels deren sie an den Ketten des im Gießhaus befindlichen Rahmens aufgehangen und versetzt werden können. Die Formen werden mit sogenannten Gießlöchern, d. h. mit besonderen Eingüssen oder abschüssigen Kanälen versehen, welche das flüssige Metall aufnehmen und über die Form vertheilen. Damit die in der Form enthaltene atmosphärische Luft beim Eingießen entweichen könne, muß der Umfang der Eingüsse hinreichend weit, und das Formmaterial porös sein, ja es müssen bisweilen besondere Luftkanäle, sogenannte Windpfeifen angebracht werden. Damit das flüssige Metall in den Formen sich nicht zu schnell abkühlt, soll die Form ein möglichst schlechter Wärmeleiter sein oder selbst vor dem Gießen vorgewärmt werden.

Das am häufigsten gebrauchte Formmaterial ist Formsand, ein feiner

mit etwas Thonerde gemengter Sand, der oft mit Holzkohlen oder Coalspulver versetzt wird. Die Thonerde giebt dem Sande die Bindsamkeit, die Kohle die Porosität und eine geringere Wärmeleitungsfähigkeit.

Unter Masse versteht man einen so thonhaltigen Formsand, daß er bei einer Temperatur von 200—300° hart wird. Zur Vermeidung des Festbrennens des Gußstücks an der Form und zur Erzielung einer größeren Porosität der Masse setzt man ihm eine geringe Quantität Holzkohlenpulver zu. Die Form unterscheidet sich nun von der Sandformerei hauptsächlich dadurch, daß die Form in der Trockenkammer scharf getrocknet wird, um eine Vermeidung von Wasserdämpfen beim Gießen möglichst zu vermeiden. Der Sand kann hierbei viel fester eingestampft und daher jeder seine Theile der Form fester und haltbarer gemacht werden, als bei der Anwendung von Sandformerei.

Die Lehmformerei. Man wendet sie meist nur bei Herstellung einfach geformter und hohler Gegenstände z. B. Cylinder oder Kugeln an, um kostspielige Holzmodelle zu ersparen und bedient sich hierzu Lehm, eines guten kalkfreien Töpferthones mit etwas gebrauchtem Sand und zur Vermehrung des inneren Zusammenhanges mit $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ Leinwand an Kuhhaaren oder Pferdemist. Das Verfahren der Lehmformerei ist in der Darstellung

- a. des Kernes,
- b. des eigentlichen Modells oder Hemdes,
- c. des Mantels.

Kern besteht entweder aus einer mit Lehm überzogenen oder aus einem umwickelten und dann mit Lehm überzogenen durchlöchernten oder schmiedeeisernen „Seele“, bei größeren Abmessungen des Modells selbst aus nur mit Lehm überzogenem Mauerkörper. Die Lehmformen in beiden Fällen mittels einer an der Seele drehbar befestigten abgedreht.

Hemd ist eine Lehmschicht von der Dicke des Gußstücks, welche den Kern aufgetragen und nach Herstellung des Mantels wieder abgehoben wird, so daß ein ihm entsprechender Hohlraum zurückbleibt. Um das Abheben des Mantels von dem Hemd und des Hemds von dem Kern zu erleichtern werden sowohl der Kern als das Hemd mit Sand bestreut.

Mantel wird durch Auftragen einer Lehmschicht auf den Kern, welche mit einem feinen, zur Erhöhung der Festigkeit bisweilen mit Leinwand übergoßenen, Mauerkörper umgeben wird. Das Abheben des Mantels geschieht entweder im Ganzen und dann von oben mittels eines Hebels oder in zwei Hälften von der Seite. Nachdem der Mantel abgehoben ist, muß das Modell sorgfältig wieder an dieselbe Stelle

Stelle gebracht werden, die es vorher eingenommen hat, weshalb man die Stellung des Mantels gegen den Kern durch Marken oder feststehende Stifte bezeichnet.

3. Das Schmelzen der Metalle zum Gießen. Zum Zweck des Gießens werden die Metalle in Tiegel-, Schacht- oder Flammöfen geschmolzen. Das Schmelzen des Stahls geschieht ausschließlich in Tiegelöfen, während das Schmelzen des Roheisens zur Herstellung baulicher Gußstücke, fast allgemein in Flammöfen oder in Schachtöfen erfolgt, die in diesem Falle Kupolöfen heißen.

Die Kupolöfen sind 2,5 Meter (8 Fuß) bis 7,5 Meter (24 Fuß) hohe, aus gußeisernen Platten zusammengeschraubte Defen, die mit feuerfesten Steinen oder Chamotte ausgefüttert und mit Löchern a, Fig. 7 zum Einführen der Düsen eines Gebläses versehen sind. Die Abstichöffnung b derselben liegt so hoch, daß man eine Pfanne zum Auffangen des flüssigen Eisens unterstellen kann.

Die Einrichtung der Flammöfen, welche den beim Buddeln angewendeten ähnlich sind, bietet nichts Besonderes dar, nur muß der Herd zur Aufnahme einer großen Menge Eisen die gehörige Weite und Tiefe haben.

Zum Gießen eignet sich besonders das graue Roheisen, welches dünnflüssiger als das weiße Roheisen ist und sich auch zum Zweck weiterer Ausarbeitung wegen seiner geringeren Härte vortrefflich feilen, bohren, drehen und hobeln läßt. Uebrigens wird in den meisten Fällen nicht eine Sorte Roheisen allein und zwar mit Coaks verschmolzen, sondern man setzt die sogenannten Eisengichten aus verschiedenen Sorten, namentlich aus grauem, weißem oder halbirtem Roheisen und aus Brucheisen von alten Gußeisenstücken in bestimmten Gewichtsverhältnissen so zusammen, daß die zur Herstellung der jedesmaligen Gußwaaren erforderliche Eigenschaft des Eisens erhalten wird.

Fig. 7. Kupolofen.

4. Das Gießen des Metalls in die Form. Das Gießen selbst geschieht entweder a. durch unmittelbares Ausgießen der Tiegel in die Form oder b. durch unmittelbares Ablaufenlassen des geschmolzenen Metalls in die Form oder c. durch Ausschöpfen desselben mittels besonderer gußeiserner oder schmiedeiserner Gefäße von kleinerem Inhalt, der Gießkellen, oder von größerem Inhalt, der Gießpfannen, und hierauf Ausgießen derselben in die Formen.

Die mit Stiel versehenen Gießstellen werden von einem, die Gießpfannen von drei bis fünf Mann an einem gabelförmigen Stiel getragen, mittels dessen auch das Umkippen der Pfannen geschieht.

Beim Gießen ist darauf zu achten, daß das Metall die richtige Temperatur besitzt, indem dasselbe zwar um so dünnflüssiger ist und um so leichter die Form ausfüllt, je höher seine Temperatur ist, aber in diesem Falle auch die Form am meisten angreift. Um die bei Berührung des geschmolzenen Metalls mit der Form sich entwickelnden Gase: Wasserdampf, Wasserstoffgas und Kohlenwasserstoffgas rasch zu beseitigen, werden dieselben durch Anzünden von Stroh oder Hobelspänen an den Eingüssen oder Fugen der Formkasten verbrannt.

5. Das Ausheben und Reinigen des Gußstücks. Nachdem das Gußstück erkaltet ist, wird dasselbe aus der Form gehoben, von den anhängenden Theilen des Formstücks befreit und die Kerne aus den Höhlungen des Gußstücks herausgenommen, Operationen, welche man das Putzen des Gußstücks nennt. Zum Schutze des Gußstücks vor Oxidation werden die kleineren derselben häufig mit Leinölfirniß, die größeren derselben mit heißem Steinkohlentheer bestrichen.

II. Die gröbere Verarbeitung des Eisens durch mechanische Arbeit. Der Bau schmiedeeiserner Brücken erfordert als die gröbere Vorarbeit ein Ausrecken des Eisens zu Stäben, zu Blechen oder zu Draht. Die Herstellung der Stäbe und Bleche aus den Luppen wird durch Hämmern oder Walzen, die Herstellung des Drahts durch Ziehen bewirkt.

1. Schmieden der Eisen- und Stahlstäbe. Das Ausschmieden des Eisens oder Stahls zu Stäben bildet die unmittelbare Fortsetzung des Frischens, indem die durch den Frischprozeß erhaltene Luppe, deren Gewicht $\frac{1}{4}$ —3 Ctr. beträgt, zu diesem Zweck mittels eines Seiseisens unter dem Hammer in mehrere Stücke oder Schirbel zerschlagen wird.

Die Hämmer, welche diese Schirbel ausschmieden, sind entweder, gewöhnlich durch Wasserkraft getriebene, Stirnhämmer, Aufwerfer, Schwanzhämmer oder durch Dampfkraft getriebene Fallhämmer, sogenannte Dampfhämmer.

Die Stirnhämmer, deren Drehachse am einen und deren Angriffspunkt für die Hebedaumen am anderen Ende des Helms außerhalb des Hammerkopfs liegt, erhalten bis zu 100 Ctr. Gewicht eine Hubhöhe von 0,15—0,45 Meter (6—18 Zoll) und machen 60—100 Schläge in der Minute. Die Aufwerfer, bei welchen der Angriffspunkt der Hebedaumen zwischen dem Drehpunkt und Hammerkopf liegt, besitzen gewöhnlich nur ein Gewicht von 3—12 Ctr. bei einer Hubhöhe von 0,4—0,5 Meter (16—20 Zoll) und schlagen 80—160mal in der Minute. Die Schwanzhämmer, welche den Drehpunkt zwischen dem Hammerkopf und dem Angriffspunkt der Hebedaumen haben,

wiegen nur 80—800 Pfund, haben eine Hubhöhe von 0,13—0,6 Meter (5—24 Zoll) und schlagen 100—400mal in der Minute.

Bei den Dampfhämmern, in neuerer Zeit wegen ihrer Billigkeit und leichten Handhabung vielfach eingeführt, wirkt der Dampf vertikal hebend, indem der Hammer am unteren Ende der Kolbenstange eines Dampfzylinders angebracht ist. Diese Stange trägt am oberen Ende den Kolben und geht durch eine am unteren Ende des Zylinders befindliche Stopfbüchse heraus. Die Hebung des Hammers erfolgt durch Einleitung des Dampfes in den unter dem Kolben befindlichen Raum des Zylinders und zwar innerhalb der Länge des Zylinders bis zu beliebiger Höhe, nämlich bis zu dem Augenblick der Dampfabspernung. In demselben Augenblick öffnet sich dem Dampf ein Ausgang in die Atmosphäre und der Hammer fällt mit der vollen Kraft seines Gewichts herab.

Die stärkeren Stäbe werden sogleich auf den Frischhütten, die dünnsten Gattungen auf besonderen Hütten durch weiteres Ausreden der dickeren Stäbe dargestellt, wozu man sich leichter und schnellgehender Schwanzhämmer von geringer Hubhöhe, der sogenannten Red-, Band- oder Bainhämmer bedient, je nachdem dieselben Quadratstäbe bis zu $\frac{1}{4}$ Zoll Dicke, Band-eisenstäbe oder geferbte Stäbe, sogenannte Bain- oder Krauseisen darstellen. Das Glühen des Eisens geschieht in einer großen Esse, worin 5 oder 6 Stäbe stets zugleich durch Holzohlen- oder Steinkohlenfeuer erhitzt werden. Eine Verbesserung des Fabrikats wird durch wiederholtes Schweißen und Schmieden erreicht, wodurch das Eisen gleichförmiger und zäher wird.

2. Schmieden der Eisenbleche. Unter dem Hammer geschmiedetes oder sogenanntes geschlagenes Blech wird von dem gewalzten Blech oder Walzblech mehr und mehr verdrängt, da es keine so ebene Oberfläche und gleichmäßige Beschaffenheit als das letztere annehmen kann. Wo Blechhämmer noch im Gebrauch sind, werden sie von Wasser oder Dampf in Bewegung gesetzt und sind Schwanzhämmer von 500—600 Pfd. Gewicht je nach der Härte des auszutreibenden Eisens und von derselben Einrichtung, wie sie zum Ausschmieden feiner Eisenstäbe angewendet werden.

3. Walzen der Eisen- und Stahlstäbe. Während das Schmieden ein Ausreden der Stäbe durch den Schlag von Hämmern, bewirkt das Walzen ein solches Ausreden durch den Druck je zweier Walzen, zwischen welchen man die Eisenstücke durchlaufen läßt. Man kann nach ihrer verschiedenen Bestimmung drei Arten von Walzen unterscheiden. Die Zängewalzen, die dazu dienen, das durch den Hammer begonnene Auspressen der Schlacke und die Schweißung des Eisens weiter fortzusetzen, die Präparirwalzen, welche den vorhergehenden ähnlich, zum weiteren Auswalzen bestimmt sind, und die Redwalzen, durch welche man ein Zusammenschweißen und Auswalzen der

nach dem Präpariren mit der Dampfscbere zerschnittenen, bündelweise zusammengelegten und im Schweißofen erhitzten Stangen bewirkt.

Bei jedem Walzwerk liegen je zwei der vorgenannten Walzen in gußeisernen oder schmiedeeisernen Ständern wagrecht so übereinander, daß die unteren drehbar befestigt sind, die oberen durch Gewinde gehoben und gesenkt werden können. Die Bewegung erfolgt durch Wasser- oder Dampfkraft mittels zweier ineinander greifender Zahnräder, welche die Verlängerung der Walzen bilden. Die Furchen oder Rannelüren der Walzen, durch welche das zwischen sie gesteckte Eisen mitgenommen und hindurch gezwängt wird, sind bei den Bängewalzen abnehmend oval oder kreisförmig, bei den Präparirwalzen gewöhnlich ebenfalls abnehmend rechteckig, während die Reckwalzen jene verschiedenen Formen erhalten, in welchen das Eisen in den Handel kommen oder zu einem bestimmten Zweck verwendet werden soll. In der Höhe der Rannelüren sind auf jeder oder auf nur einer Seite Unterlagsplatten angebracht, welche den Stäben während des Auswalzens zur Unterlage dienen und zugleich die Eisenabfälle aufnehmen. Man giebt den Walzen für dickere Stäbe, den Grobeisenwalzen $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Meter (10—20 Zoll), jenen für dünnere Eisensorten, den Feineisenwalzen $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{4}$ Meter (8—10 Zoll) Durchmesser und läßt erstere 70—120, letztere 100—250 Umläufe in der Minute machen.

Die erste Operation des Walzens besteht darin, daß das zuerst mittels der ovalen Rannelüren gezängte und hierdurch in kurze dicke Stangen verwandelte Eisen noch in derselben Hitze zwischen den Präparirwalzen zu flachen, etwa 0,1 Meter (4 Zoll) breiten, 0,015 Meter ($\frac{1}{2}$ Zoll) dicken Stangen von 3—3,5 Meter (12—14 Fuß), sogenannte mill-bars, ausgewalzt wird. An der einen Seite der Walzen stehende Arbeiter fassen die durchgelaufene Stange mit Zangen und schieben sie sogleich über die oberen Walzen den jenseits stehenden Arbeitern zu, welche sie sofort wieder zwischen die Walzen bringen. In wenigen Sekunden muß der ganze Vorgang vollendet sein, damit das Eisen die Präparirwalze noch in stark rothglühendem Zustande passirt. Bei Anwendung von drei statt zwei übereinander liegenden Walzen läuft der Eisenstab hin- und rückwärts durch Walzen und das erwähnte Hinüberheben wird unnöthig.

Das auf diese Weise erhaltene Eisen, gewöhnlich mit mill-bars Nr. 1 bezeichnet, ist wegen zu großen Schlackengehalts und deshalb unvollkommener Schweißung und innerer Rohäson zu bautechnischen Zwecken noch nicht brauchbar und erfordert ein wiederholtes Umschweißen und Auswalzen.

Bei der zweiten Operation des Walzens werden die Eisenbarren nach dem Erkalten mittels einer kräftigen durch Dampf bewegten Schere, der Dampfscbere, in Stücke von $\frac{1}{2}$ —1 Meter (2—4 Fuß) Länge zerschnitten, von diesen fünf bis sechs in ein Bündel gepackt, in einem besonderen Flamm-

ofen, dem Schweißofen, zum Weißglühen gebracht und zwischen den Redwalzen zu mill-bars Nr. 2 ausgewalzt. Zu den meisten bautechnischen Verwendungen immer noch zu schlecht, werden letztere nochmals im Stücke zerschnitten, diese in Packeten geschweißt und ausgewalzt, wodurch das zu den genannten Zwecken taugliche Eisen Nr. 3 erhalten wird.

Die Packete bestehen aus einzelnen Schichten, in welchen die aus den Luppen ausgewalzten Stäbe der Breite nach nebeneinander, niemals aber der Länge nach voreinander liegen, sodaß die Packete niemals länger als die Luppenstäbe sind.

Die Packete mancher Walzeisenforten, worin einige Schichten größere Zähigkeit erhalten müssen, werden nicht aus einfachen Luppenstäben, sondern aus schon zusammengeschweißten, breiteren und dickeren Stücken gebildet. Zur Herstellung dieser letzteren bildet man aus guten Luppenstäben ein rechteckiges Paket, welches in einem Schweißofen bis zum Weißglühen erhitzt und unter einem schweren Hammer von 80—100 Ctr. Gewicht zusammengeschweißt und ausgeschmiedet wird. Dies Schmiedestück erhält wieder eine Schweißhize, wird bis zu dem erforderlichen Querschnitt ausgewalzt und in noch warmem Zustande unter einer Schere zerschnitten. Die auf diese Weise erhaltenen Brammen werden an gewissen Stellen in die Packete eingelegt.

Die oberste und unterste Lage wird bei den meisten Packeten aus einer zusammengeschweißten Platte gebildet, welche jedoch nur bei größerer Dicke unter dem Hammer, andernfalls unter Walzen geschweißt wird, in welcher letzterem Fall diese Stücke Schweißdeckel heißen.

Die zusammengelegten Packete, welche mittels Draht umwunden und zusammengehalten werden, gelangen so in die Schweißöfen, jedoch ist ihre Form nach den einzelnen Walzeisenforten verschieden.

Die dünnsten Stäbe des quadratischen und flachen Eisens werden durch sogenannte Schneidewalzen aus 0,075—0,12 Meter (3—5 Zoll) breiten und 7,5—10 Meter (30—40 Fuß) langen gewalzten Schienen, sogenannte Platinen, in glühendem Zustande durch Zerschneiden oder Zerspalten hergestellt. Die auf jeder Walze in entsprechenden Abständen vertheilten Schneidescheiben wirken wie die Blätter einer Schere und zerlegen die Platine in so viele Theile, als Schneidescheiben vorhanden sind.

Nach den Querschnittsformen theilt man das im Handel vorkommende Stabeisen von meist geringerem Querschnitt in ⁶⁾:

- | | |
|----------------------|----------------|
| a. Rundeisen, | c. Flacheisen, |
| b. Quadratischeisen, | d. Façoneisen |

und das letztere hauptsächlich in die Eck- oder Winkelseisen (L), Kreuzeisen (+), T-Eisen (T), L-Eisen (L), Doppel-T- oder H-Eisen (H), und mannichfache andre Formen.

Unter dem gepuddeiten und gewalzten Stabeisen ist das beste bis jetzt immer noch das englische und darunter die Eisensorten von Staffordshire, nämlich:

- a. Rundeisen von $\frac{1}{8}$ —7 Zoll Durchmesser,
- b. Quadrateisen, höchstens 4 bis 5 Zoll Seite,
- c. Flacheisen von $\frac{1}{4}$ Zoll Dicke bei $\frac{1}{2}$ —6 Zoll Breite,
bis $1\frac{1}{2}$ " " " 3—10 " "

Das deutsche Walzeisen von im Allgemeinen schwächeren Dimensionen zerfällt in:

- a. Rundeisen bis etwa 5 Zoll Durchmesser,
- b. Quadrateisen bis etwa 3 Zoll Seite,
- c. Flacheisen meist von geringeren Abmessungen als das englische.

Das französische Walzeisen zerfällt in acht Klassen von ganz bestimmten, in Frankreich eingeführten, Dimensionen, nämlich:

- a. Rundeisen von 5—180 Millimeter Durchmesser,
- b. Quadrateisen von 6—135 Millimeter Seite,
- c. Flacheisen von 20 Millimeter Breite bei $\frac{3}{4}$ Millimeter Dicke,
bis 162 " " " 11 " "

Die beim Bau eiserner Brücken verwendeten Stäbe größerer Querschnitte sind hauptsächlich: a. Flacheisen, b. Winkeleisen, c. T-Eisen, d. H-Eisen, e. U-Eisen und f. halbcylindrische Stäbe.

a. Packtiring und Auswalzen der Flacheisen. Auf die zum Auswalzen in Flacheisen bestimmten Packete wird oft nicht die genügende Sorgfalt, auch bisweilen hierzu altes und häufig ungleichförmiges Material verwendet. Für Flacheisen, welche auf die Dauer einem starken Zuge widerstehen sollen, ist aber die Auswahl und Anwendung von gleichmäßigem und zähem Materiale unerlässlich. In diesem Falle bildet man die Packete aus mehreren Lagen zäher Zuppenstäbe mit versetzten Fugen, welche man ohne vorheriges Schmieden auswalzt.

Das Auswalzen¹⁾ derselben geschieht entweder auf sogenannten Kaliberwalzen, s. Fig. 8, deren Kaliber wegen der Anfangs noch größeren Hitze des Packets, besonders im Anfang stark an Höhe ab- und dafür jedesmal an Breite etwas zunehmen oder auf den vom Oberingenieur

Fig. 8. Kaliberwalzen.

Daalen in Hörde erfundenen Universalwalzwerken, die aus je vier cylindrischen, durch Zahnräder in Eingriff stehenden Walzen bestehen, wovon je zwei horizontal liegen und gegeneinander verstellbar sind, und je zwei vertikal

stehen und ebenfalls verstellbar sind, sodas sich hiermit Flacheisen von verschiedener Breite und Dicke auswalzen lassen.

Stäbe von weniger als 12 Centimeter Breite, besonders wenn größere Quantitäten erforderlich sind, werden gewöhnlich auf Kaliberwalzen hergestellt, während sich auf Universalwalzwerken Flacheisen von 5—60 Centimeter Breite mit, bei größerer Breite, nicht unter 4 Centimeter Dicke auswalzen lassen. Breite, nicht ganz gerade ausgefallene Flacheisen müssen auf Richtplatten, abgehobelten mit einem festen und beweglichen Rand versehenen Platten, s. Fig. 9, mittels mehrerer Schrauben gerichtet werden, worauf sie beinahe bis zum Erkalten verbleiben. Flacheisen von über 9 Meter Länge gehören schon zu den Seltenheiten.

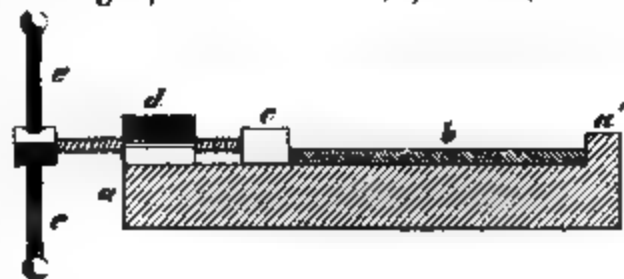


Fig. 9. Richtplatte

Flacheisen werden um so theurer, je breiter oder je schwerer sie sind, weil im ersten Fall sich leicht Blasen bilden, die Eisen schwerer zu richten sind und schwerere Schweißdeckel erfordern, im letzteren Fall die Schwierigkeit der Handhabung wächst.

b. Packtirung und Auswalzen der Winkleisen. Die Packete zu größeren und wichtigeren Winkleisen bildet man rechtwinklig aus Lagen von Luppenstäben mit oben und unten gut ausgewalzten Deckplatten, dagegen werden kleinere, weniger wichtige Winkleisen aus Packeten gebildet, die man aus alten Façoneisen und Schienenabschnitten zusammensetzt, s. Fig. 10, und die, ehe sie auf die Winkleisenwalze kommen, auf einem Universal- oder Brammenwalzwerk eine gehörige rechteckige Querschnittsform erhalten.



Fig. 10.
Packel zu Winkleisen.

Das Auswalzen der Winkleisen geschieht auf Winkleisen-Kaliberwalzen von verschiedener Form. Die ältere Form, s. Fig. 11, bewirkt eine allmähliche Ueberführung des Packets von der ebenen in die rechtwinklig gekrümmte Gestalt und die Fertigwalze bewirkt die letzte Verdünnung der Schenkel und deren Abrundung an den Enden.

Je länger und schwächer die Schenkel der Winkleisen werden sollen, desto schwieriger sind sie herzustellen, weil alsdann die Umfangsgeschwindigkeit der mit gleicher Winkelgeschwindigkeit bewegten Ober- und Unterwalze, an den Schenkelfenden zu

Fig. 11. Kaliberwalzen für Winkleisen

ungleich wird und leicht ein Reißen jener Schenkel bewirkt. Obwol dieser Mißstand durch die Verlegung der, in der Mitte zwischen den geometrischen Achsen der Walzen gelegenen, sogenannten Mittellinie der Walzen durch die Mittelb a der beiden Winkelseisenschenkel, s. Fig. 12, möglichst vermindert wird, so bedient man sich doch infolge eines, zwar nicht gelungenen Versuchs, Umwälzen zur Herstellung von Winkelseisen anzuwenden, gegen-
 lung von Winkelseisen mit langen und dünnen Schenkeln der
 1er Form. Das erste Kaliber dieser Walzen hat untenste-
 ig. 13, während in den folgenden Kalibern der rechte Winkel bei a



Fig. 13.



Fig. 14.

g so ausgebildet wird, daß die Schenkel, um nicht zu ungleichen
 igkeiten der Walzen ausgesetzt zu werden, noch eine möglichst
 m behalten. Das vorletzte Kaliber hat die Gestalt Fig. 14
 Schenkeln die ihnen zukommende Stärke, worauf im letzten
 Herabbiegen der Schenkel erfolgt.

ng und Auswalzen der T-Eisen. Die Packete für größere T-Eisen
 en quadratischen Querschnitt, s. Fig. 15, werden gewöhnlich
 aus 5—6 Lagen 8—10 Centimeter breiten Luppenstäben
 b mit einem oberen und unteren Deckel a gebildet und
 vorgeschmiedet, worauf das Paket so ausgewalzt wird,
 daß die Lagen der Stäbe mit dem Stege des T-Eisens
 parallel laufen.

Da zwischen den Walzen hauptsächlich die horizontal
 liegenden Theile Druck erhalten, so wird das Paket
 aliber abwechselnd um 90° gedreht, wodurch Steg und Fuß
 : horizontale Lage kommen. Diese abwechselnde Drehung des
 daß der Fuß oder Steg je zweier aufeinander folgender Kaliber
 indem sonst der vertikale Theil nicht zwischen die Walzen
 könnte. Eine große Veränderung der Schenkellängen findet
 1zen nicht statt.

rigkeit des Auswalzens der T-Eisen nimmt mit der Höhe des
 zu, indem hohe und dünne Stege leicht reißen, weshalb man
 hstens 14 Centimeter Breite des Fußes bei 12 Centimeter
 is zu einer Länge von 9 Meter herstellt. Durch Auseinander-
 i vor dem Durchgange der Stäbe durch das letzte Kaliber läßt
 Dicke des Fußes und Breite des Stegs oder die Dicke des
 des Fußes etwas vergrößern.

d. **Padetirung und Auswalzen der H-Eisen.** Die für H-Eisen angewendeten Padete haben gewöhnlich die Form Fig. 16, wobei die Deckel a auf besonderen Walzen hergestellt und an den Enden mittels einer Schere zugespitzt werden, um leichter zwischen die Walzen eingeführt werden zu können. Die H-Eisen gehören zu den am schwierigsten auszuwalzenden Façoneisen und müssen deshalb von dem härtesten, sehnigen Eisen gebildet und zur Herstellung einer vollkommenen Schweissung bei einer nicht zu trocknen, „saftigen“ Schweiss Hitze ausgewalzt werden.

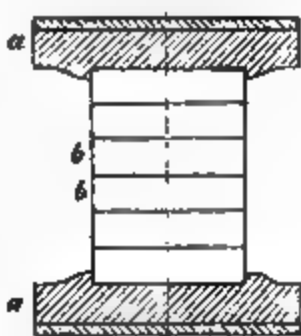


Fig. 16. Padet für H-Eisen.

Das Padet in Fig. 16 wird nicht weiter vorgeschmiedet, sondern direkt und zwar in zwei Hitze zwischen den in Fig. 17 und 18 dargestellten Walzenpaaren ausgewalzt. Nur auf einigen Eisenwerken, bei Jacobi, Daniel

Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 17 und 18. Kalibermalzen für H-Eisen.

und Hupfesen in Oberhausen und Andern wird durch die in Fig. 19 und 20 dargestellte Anordnung das schwierige Ueberheben und die dabei eintretende Abkühlung der Padete vermieden und selbst größere T-Eisen in einer Hitze ausgewalzt.

Das größte auf diese Weise in Kalibermalzen hergestellte Doppel-T-Eisen hat eine Höhe von ca. 50 Centimeter. Einer vortheilhaften Fabrikation größerer Dimensionen in Kalibermalzen stellen sich durch die großen Kosten für die Herstellung einer Menge Walzen für ein einziges

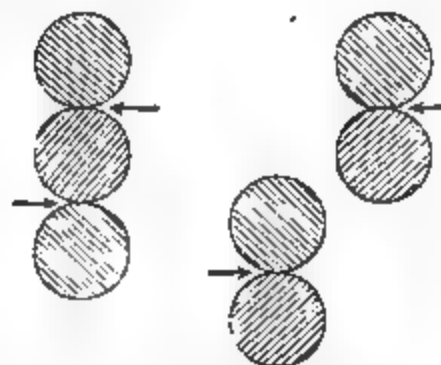


Fig. 19.

Fig. 20.

Profil bedeutende Schwierigkeiten entgegen. Aus diesem Grunde haben die Herren Petin, Gaudet und Comp. in Rive-de-Gier das Universalwalzwerk⁹⁾ auch für diesen Zweig der Fabrikation mit Erfolg in Anwendung gebracht. Die beiden Horizontalwalzen A, s. Fig. 21, können daselbst durch die

auf die oberen derselben wirkenden Schrauben a gegeneinander verstellt werden, während die seitlichen, sich lose um ihre vertikale Achse drehenden, Walzen B mittels der Schrauben b ebenfalls gegeneinander verstellt werden können. Eine hinter den

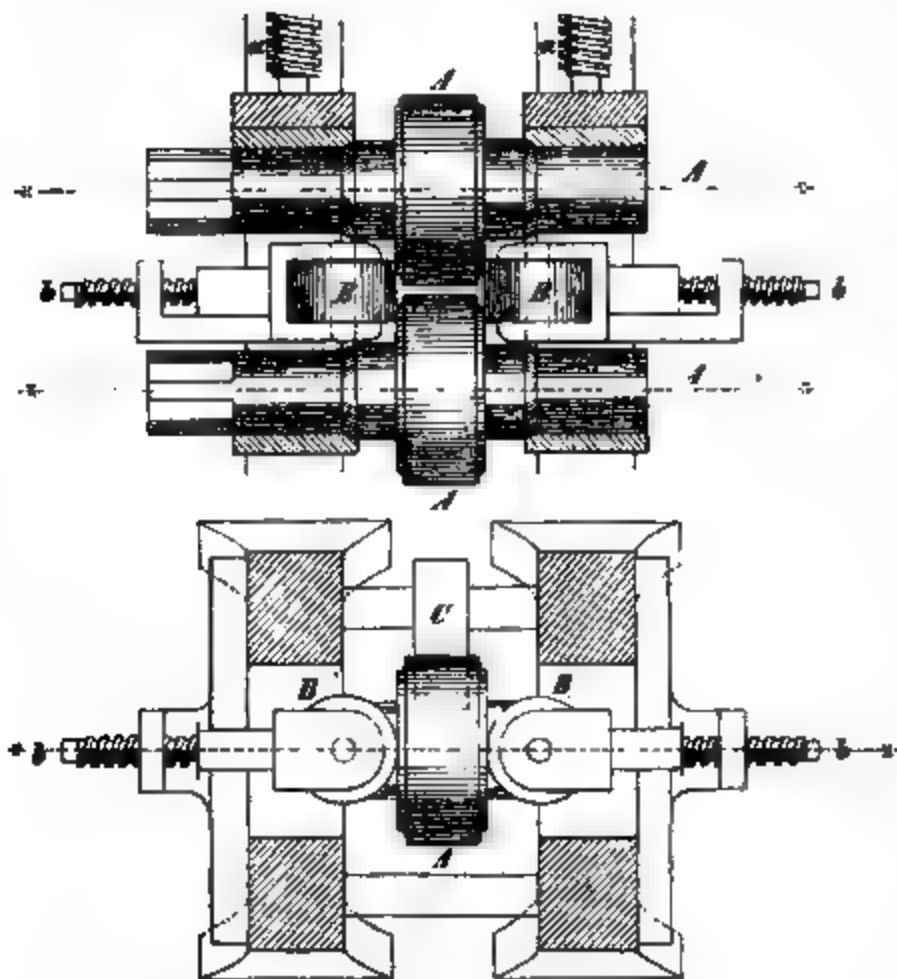


Fig. 21. Universalwalzwerk für H-Eisen.

Walzenpaaren angebrachte Platte c dient dazu, die gewalzten Eisenstäbe bei ihrem Austritt aus dem Walzwerk gerade zu halten. Mittels dieses Walzwerks ist das auf der Pariser Ausstellung vom Jahre 1867 ausgestellte, von den Fachmännern bewunderte, H-Eisen von 1 Meter Höhe, ca. 10 Meter Länge und 2500 Kilogramm Gewicht hergestellt worden, welchem außerdem noch die

folgenden, auf demselben Universalwalzwerk hergestellten, H-Eisen beigegeben waren⁹⁾:

1	Träger	80	Centimeter	hoch,	13	Meter	lang,	2300	Kilogr.	schwer
1	"	60	"	"	16	"	"	2300	"	"
1	"	50	"	"	19	"	"	2250	"	"
1	"	40	"	"	21 $\frac{1}{2}$	"	"	2270	"	"
1	"	35	"	"	26 $\frac{1}{2}$	"	"	2300	"	"
1	"	28	"	"	32	"	"	1350	"	"

Die H-Eisenfabrikate der deutschen Walzwerke, worunter das Saarbrücker Eisenwerk zu Burbach, das vom Hörder Bergwerks- und Hüttenverein in Hörde neuerdings erbaute große Walzwerk, verbunden mit einem kolossalen Universalwalzwerk, sowie das Werk der Gesellschaft Phönix in Eschweiler und Ruhrort hervorzuheben sind, haben bis jetzt bei aller Vortrefflichkeit ihrer Produkte die Dimensionen der französischen Fabrikate

nicht erreicht, was indeß wol nur als die Folge mangelnder Bestellungen größerer Abmessungen anzusehen ist.

e. **Packetirung und Auswalzen der U-Eisen.** Anstatt des komplizirten Packets, welches man früher zur Herstellung der U-Eisen verwandte und dem Packet für H-Eisen ähnlich bildete und auswalzte, walzt man jetzt nach dem Vorgang und der Bewährung der neueren Winkelleisen-Kaliberwalzen ein rechteckiges Packet zu einer fast dem Umfang des U-Eisens gleichen Breite, bei einer Dicke von 4—5 Centimeter, aus. Hiernach wird dieses wieder erhitzt und dann in vier Kalibern, s. Fig. 22, auf die Dicke des U-Eisens so ausgewalzt, daß bei dem vierten Kaliber an den eingeknickten Stellen schon fast rechte Winkel

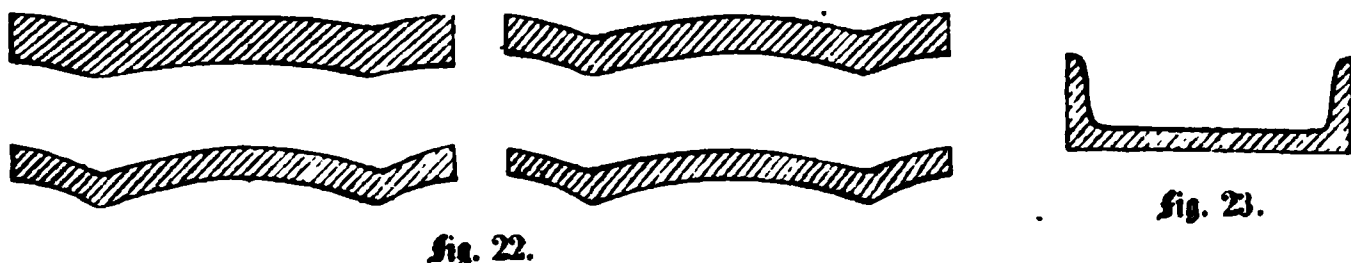


Fig. 22.

Fig. 23.

entstehen, worauf im fünften und letzten Kaliber ohne quantitative Veränderung der Querschnittsfläche das Geradbiegen der gebogenen drei Theile des U-Eisens nach Fig. 23 erfolgt.

Zur Herstellung guter, nicht eingerissener U-Eisen ist, wie zu derjenigen der H-Eisen, die Anwendung guten, zähen Eisens nöthig und man walzt dieselben bis zu 30 Centimeter Höhe und 9—12 Meter Länge.

f. **Packetirung und Auswalzen der Halbcylinder-Eisen.** Die Packete für diese Eisen sind einfach rechteckig, bestehen aus wagrechten Lagen zäher Luppenstäbe mit oberer und unterer Deckplatte. Das Auswalzen ist demjenigen der U-Eisen ganz ähnlich, indem die ersten Kaliber sehr flach sind und im letzten Kaliber aus der nebenstehenden Form, s. Fig. 24, plötzlich die Halbcylinderform entsteht.



Fig. 24.

4. **Das Walzen der Eisen- und Stahlbleche.** Das Auswalzen der dünneren Eisenbleche geschieht auf Walzwerken mit cylindrischen glatten Walzen, von welchen gewöhnlich die obere mittelst Stellschraube der unteren, nach Erforderniß der herzustellenden Dicke des Blechs oder nach der im Verlauf des Walzens nothwendig zunehmenden Verdünnung des Blechs, genähert werden kann.

Man wendet zu Blech möglichst weiches und zähes Eisen und dieses in Gestalt breiter, nicht zu dicker Stäbe an, die mittelst einer großen von Wasser oder Dampf bewegten Schere oder mittelst eines Schrotmeißels in Stücke von angemessener Länge, sogenannte Stürze, zertheilt werden. Die Stürze werden glühend zwischen die Walzen gesteckt, sodaß die Bewegungsrichtung ihrer ursprünglichen Breite entspricht, welche letztere später zur Länge der Blechtafeln wird. Bei Herstellung dünnerer Blechsorten biegt man die Tafeln mit dem Hammer

in der Mitte zusammen, taucht sie in Lehmwasser, steckt mehrere dergleichen ineinander und walzt sie, das Glühen nach Bedarf erneuernd, nach und nach vollkommen aus, wobei die Biegung oder der Saum zuerst zwischen die Walzen gegeben wird.

Um lange Walzen durch dickes Eisen nicht zu sehr in Anspruch zu nehmen oder dem Zerbrechen auszusetzen, bedient man sich zur ersten Bearbeitung der Stürze eines sogenannten Sturzwalzwerks mit kurzen und zur Vollendung der schon breiter gewordenen Bleche eines sogenannten Schlichtwalswerks mit längeren Walzen. Die fertig gewalzten und beschnittenen Bleche werden nochmals geglüht und hierauf, um die durch das Walzen entstandene Krümmung vollkommen zu entfernen, gepreßt.

Die Fabrikation der dünneren Stahlbleche stimmt mit derjenigen der dünneren Eisenbleche im Wesentlichen überein.

Die Dicke der für Brückenbauten herzustellenden Bleche variiert innerhalb gewisser Grenzen. Die stärksten, im Handel vorkommenden Bleche haben eine Dicke von 0,75—1,5 Centimeter (3—6 Linien). Bei Blechstärken bis zu 0,7 Centimeter ($3\frac{1}{2}$ Linie) wird deren Dicke nach 3 und 1,5 Millimetern ($\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{16}$ Zollen) gemessen. Für geringere Stärken bestimmt man deren Dicke nach einer Blechlehre. Die in England gebräuchliche Birmingham'sche Blechlehre besitzt 26 Einschnitte von 7,5—0,5 Millimeter ($3\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{4}$ Linie) Weite. Die Länge und Breite der Bleche richtet sich nach deren Verwendung¹⁰⁾ und sie zerfallen hiernach mit abnehmender Stärke in

- a. Kesselbleche,
- b. Sturzbleche,
- c. Dünneisen (Kleineisen, Faßblech).

Die sogenannten Kesselbleche sind die einzigen zu Konstruktionstheilen der eisernen Brücken verwendeten Bleche. Die im Handel vorkommenden gewalzten eisernen Kesselplatten von Staffordshire haben

von $\frac{5}{8}$ Zoll Dicke bei 30"/60", 36"/72" und 48"/48" Breite und Länge
bis $\frac{1}{20}$ " " " 24"/48", 36"/72" Breite und Länge.

Die schweren im Handel vorkommenden Bleche sind nicht über 1,25 Meter (5 Fuß) lang. Längen von 1,5—1,8 Meter (6—7,2 Fuß) kommen nur bei Kesselblechen von 0,15 Meter ($\frac{5}{8}$ Zoll) Stärke vor. Bleche von größerer Länge, wie z. B. die zur Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Dirschau verwendeten, 8 Fuß rhl. langen, müssen besonders bestellt werden und werden in größeren Quantitäten zu mäßigen Preisen geliefert.

Die Sturzbleche, worunter man die schwächeren und kleineren Sorten des unverzinnten Eisenblechs versteht, finden beim Brückenbau nur in zweiter Linie, z. B. als Schutzbleche von Eisen- und Holztheilen, Anwendung. Sie werden nicht mehr nach Nummern gemessen, sondern man giebt an, wie

viel die Quadrateinheit wiegt oder wie viel Tafeln auf den Centner gehen. Die Packete von je 1 Ctr. Gewicht, in welche sie verpackt werden, enthalten 2—75 Tafeln. Hinsichtlich der Länge und Breite kommt das Sturzblech als einfaches Blech oder Schloßblech in Tafeln von 18"/24" oder als doppeltes Blech oder Doppelblech in Tafeln von 18"/30" vor.

Das Dünneisen oder die zur Weißblechfabrikation bestimmten kleinsten Blechtafeln zerfallen wieder in mehrere Sorten, welche jedoch hauptsächlich im Hochbau ihre Anwendung finden.

Bei Herstellung der Fahrbahntafeln von Eisenbahn- und Straßenbrücken kommt mehrfach wellenförmiges Eisenblech, beziehungsweise als Bedeckung der Querschwellen zwischen den Schienen oder als Unterlage der Besotterung, zur Verwendung. Zu dem letzteren Zwecke bedient man sich in neuester Zeit, besonders in England, auch gewölbter Bleche, der von ihrem Erfinder Mallet so genannten, auch im Jahre 1867 in Paris ausgestellten, *Bündelplatten*.

Die dickeren zum Brückenbau dienenden Eisenbleche oder sogenannten Kesselbleche werden zwar auch aus Feinkorneisen, Bündelstahl und Gußstahl hergestellt, jedoch ist sehniges Eisen das dazu am meisten verwendete Material. Die Packete derselben erhalten im Grundriß meist eine quadratische Form und werden aus regelmäßig abgelängten, scharfkantig ausgewalzten und gerade gerichteten Luppenstäben von 8—12 Centimeter Breite auf 2—3 Centimeter Stärke gebildet. Die Längenrichtung der Luppenstäbe wird bei je zwei aufeinander folgenden Schichten rechtwinklig gegeneinander versetzt, s. Fig. 25, in welchem Fall die „Würfelpackete“ entstehen. Trotz dieser Anordnung haben die fertigen Bleche längs der Walzrichtung eine größere Festigkeit als quer zu denselben, weil das Paket unter den Walzen sich wenig nach der Breite ausdehnt. Um dem Bleche eine glattere Oberfläche zu geben, werden die beiden äußersten und wol auch noch die darauf folgenden Lagen der Stäbe aus bereits ausgeschweißtem und daher zäherem Eisen genommen. Die früher erwähnten „Schweißdeckel“ erfüllen diesen Zweck und verdecken auch jede Schweißnaht, beschränken aber den Austritt der Schlacke, weshalb Luppenstäbe, welche die Schlacke durch ihre Fugen austreten lassen und dabei ebenfalls eine glatte Oberfläche liefern, zur Vermeidung innerer Fehler den Schweißdeckeln vorzuziehen sind.

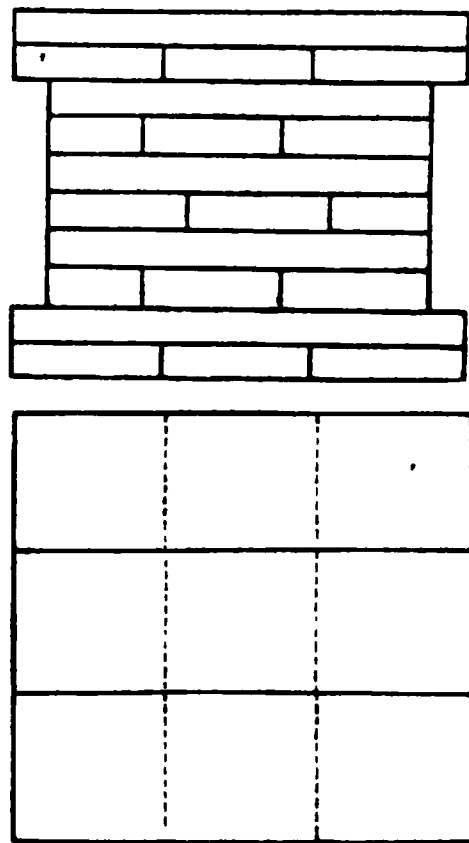


Fig. 25. Würfelpaket zu Eisenblech.

Von großer Wichtigkeit ist zur Herstellung einer durchgängig guten Schweißung das Ausschmieden des so gebildeten Pakets unter dem Hammer,

weshalb eine Fabrikation, bei welcher man einer billigen Herstellung halber das Hämmern unterläßt und den Blechen durch Anwendung von Schweißbedeckeln äußerlich ein gutes Ansehen giebt, zu verwerfen und deren Fabrikat wenigstens zu wichtigen Konstruktionstheilen nicht zu verwenden ist. Damit beim Ausschmieden der mittlere Theil des Packets sich nicht ausbaucht, werden die mittleren Lagen, wie die Figur zeigt, etwas schmaler gemacht. Beim Ausschmieden sucht man das Paket so lang oder breit zu machen als die Blechbreite.

Nach dem Ausschmieden wird das Paket nochmals im Schweißofen erhitzt und hierauf in einer Hitze ausgewalzt. Bei mangelhafter Entfernung der Schlacke durch das Ausschmieden, besonders dicht unter der Oberfläche, bilden sich hier Blasen, welche, um den Austritt der Schlacke zu bewirken, vor dem Auswalzen aufgestoßen werden müssen.

Hat das Paket durch das Ausschmieden die Blechbreite nicht erreicht, so läßt man das Paket zuerst in der Breitenrichtung durch die Walzen gehen, bis es nach dieser genügend gestreckt ist, und dreht es dann um 90° .

Nach dem Walzen und in noch schwach glühendem Zustande werden die Bleche zum Geradrichten auf eine, aus gußeisernen Platten gebildete, Ebene gelegt, worauf man dünne Bleche mit breiten hölzernen Schlägeln, stärkere Bleche durch das Darüberhinrollen einer schweren eisernen Walze glättet.

Beträgt die Dicke der Bleche unter 2,5 Centimeter, so werden sie durch Scheren beschnitten, welche entweder mit einem, in Führung gehenden Schlitten, an welchen die Bleche befestigt werden, verbunden sind, oder die Bleche werden in sogenannten „Schweben“ der Schere zugeführt. Da man in beiden Fällen auf eine gerade Schnittfläche nicht mit Sicherheit rechnen kann, so werden die Bleche 3—6 Millimeter breiter angefertigt. Blechen von über 2,5 Centimeter Dicke giebt man durch Hebel- oder Stoßmaschinen die verlangte Größe.

Da die Blechwalzen gewöhnlich eine Breite von 1,75—2,25 Meter haben, so kann man Bleche von 1,5—2 Meter Breite erhalten, welche übrigens wegen der üblichen Einrichtung der Schweißöfen und der Schwierigkeit der Handhabung der Packete ein Gewicht von 600 Kilogr. nicht überschreiten.

Nur wenige deutsche Werke, wie die erwähnten zu Burbach und Hörde, sind auf die Herstellung auch schwerer Bleche eingerichtet, dagegen liefern die Walzwerke Englands und Frankreichs sehr schwere Bleche. Das schon erwähnte Walzwerk der Herren Petin, Gaudet und Comp. hatte auf der Ausstellung in Paris vom Jahre 1867 ein Blech von 1,57 Meter Breite, 19,20 Meter Länge und 2860 Kilogr. Gewicht ausgestellt.

Bei Herstellung der Bleche wächst die Anspruchnahme der Walzen bedeutend mit der Breite und infolge der allmählig eintretenden Abkühlung auch mit der Länge der Platten. Es ist daher für den Konstrukteur einer Blechbrücke

von Werth, zu wissen, daß ein Blech bei gleichem Gewicht um so leichter zu walzen ist, je dicker es ist.

Da die größeren Blechpakete zu ihrer Schweißung relativ mehr Zeit und Brennmaterial erfordern, schwieriger auszuschnitten sind und deshalb leicht Blasen erhalten, ferner nicht vortheilhaft zu betreibende Schweißöfen sowie mechanische Vorrichtungen zur Vermeidung des Ueberhebens der Pakete über die Walzen erfordern, so steigt im Allgemeinen mit deren Gewicht ihr Zuschlagspreis. Der Preis dünner Bleche muß schon wieder höher sein, als derjenige mittlerer Bleche, weil sie öfter die Walzen zu passiren haben, welche besonders bei großer Blechlänge und während der letzten Durchgänge sehr in Anspruch genommen werden, und ein besseres Material zu ihrer Herstellung verlangen.

5. Das Ziehen des Eisendrahts. Vermöge seiner großen Dehnbarkeit läßt sich Eisen in sehr feine Fäden ausziehen und gewinnt hierbei noch bedeutend an Zähigkeit und Zugfestigkeit. Diesem Umstande verdankt der Draht hauptsächlich seine Anwendung im Brückenbau, insbesondere zur Herstellung der Drahtseile der Hängebrückenträger. Der hierzu angewendete Eisendraht hat kreisrunden Querschnitt und wird sowol aus gepudbeltem als gefrischtem Eisen gezogen.

Die Hauptstadien der Drahtfabrikation sind:

- a. Herstellung der Stäbe, woraus der Draht gezogen werden soll, durch Schmieden, Walzen oder Spalten.
- b. Herstellung der größten Drahtsorten bis zu einem Durchmesser von 1 Centimeter (3,7 Linien) durch Walzen.
- c. Ausziehen der feineren Drahtnummern aus den gröberen Sorten auf der Drahtleier.

Die Herstellung der Stäbe geschieht durch Schmieden, Walzen oder Spalten, wovon das Walzen das gebräuchlichste ist. Die zur Drahtfabrikation zu verwendenden Stäbe sind quadratisch von 2—2,5 Centimeter ($\frac{3}{4}$ —1 Zoll) Seite, werden kalt mittels einer durch Wasser- oder Dampftrakt bewegten Schere in Längen von etwa $\frac{1}{2}$ Meter (2 Fuß) geschnitten und weißglühend weiter verarbeitet.

Um diese Eisenstäbe in Draht der größten Sorte zu verwandeln werden sie in dem Drahtwalzwerke, welches meist drei übereinander liegende Walzen hat, zwischen der obersten und mittleren Walze hin und zwischen der mittleren und untersten Walze zurück gezogen. Die Rinnen oder Kannelüren der Walzen sind so, daß die korrespondirenden Einschnitte je zweier Walzen stufenweise enger werdende Oeffnungen bilden. Die ersten und größten Oeffnungen sind quadratisch, die vorletzten und kleineren elliptisch und die letzten und kleinsten kreisrund.

Die Walzen haben 0,5—0,6 Meter (20—24 Zoll) Länge, 0,2—0,25 Meter (8—9 Zoll) Durchmesser und nehmen den Draht in einer

Geschwindigkeit von etwa 2,5 Meter (10 Fuß) in der Sekunde mit, sodaß die Operation in nahezu einer Minute vollendet wird. Nach dem Auswalzen be Draht noch rothglühend auf einen Haspel gewickelt und nachher kalt gebeizt.

Vorbereiteten groben Drähte werden durch Drahtziehen zu feinen gezogen. Man unterscheidet Zangenzug und Scheiben- auf Drahtleiern, welcher letztere die fast ausschließliche Darstellung des Drahts ist.

Wichtigste Bestandtheil einer Drahtleier ist das Ziehheisen, welches dem Hut und der Scheibe oder Rolle befindet. —

Das Ziehheisen ist eine Stahlplatte mit oft 60—100 nach außen gerichteten Rippen von abnehmender Größe, welche zwischen zwei Paaren der Stifte des Werkbuchs von oben eingelegt wird und zum Ziehen des zu verfeinernden Drahts dient. Der letztere wird als Draht-Hut gesteckt, eine kegelförmige, aus hölzernen oder eisernen Stücken bestehende, sich um einen vertikalen Dorn drehende Welle, von welchem der Draht abläuft. Die auf der anderen Seite des Ziehheisens befindliche Scheibe oder Rolle ist ein vertikal stehender, niedriger, drehbarer Cylinder, welcher durch Wasser- oder Dampfkraft in Bewegung gesetzt werden kann, so- wie er vertikal Welle gekuppelt ist und auf welcher der Draht durch- gezogen wird. Die Operation des Drahtziehens ist einfach. An der Rolle hängt an einer Kette eine beim Anziehen immer fester schließende Zange, womit man das zugespitzte, durch gesteckte Drahtende faßt. Hierauf wird die Welle in Bewegung gesetzt, so daß sich der Draht vom Hut abwickelt, im Ziehheisen verjüngt und aufwindet. Um das Abstreifen des fertigen Drahtstrangs zu erleichtern, ist eine aufgespaltene Cylinder der Drahtscheibe während des Ziehens an der Welle aneinander gehalten, welcher letztere nach beendigter Operation abgeworfen wird. Damit die Drähte, welche durch das Ziehen hart und spröde werden, ihre frühere Weichheit und Dehnbarkeit wieder erhalten, müssen sie in einem Wasserbade ausgeglüht werden, wobei jedesmal der an der Welle entstehende Glühspan zu entfernen ist.

Die Drahtscheiben, welche Draht bis zu 2,5 Millimeter (1 Linie) Dicke ziehen, heißen Grobscheiben oder Grobzügerbänke, diejenigen, welche Draht von 2,5 bis 1,25 Millimeter (1 bis 1/2 Linie) Dicke ziehen, heißen Feinscheiben oder Feinzügerbänke. Die Drahtarten, welche im Handel vorkommen, werden mit der Drahtlehre, einem der Blechlehre ähnlichen Instrument, gemessen. Von der Drahtlehre, welche einem Durchmesser von 0,8 Centimeter (3 1/8 Zoll) hat, aufwärts wird das Eisen als rundes Stabeisen behandelt, unter 0,8 Centimeter (3 1/8 Zoll) hat man Drahtarten von 0,125 Millimeter (1/200 Zoll) bis zu 2,5 Millimeter (1 Linie) Dicke.

und darunter. Der zu Hängebrückenträgern bestimmte Draht wird auf besondere Bestellung gezogen und zu Kabeln verbunden.

Der feinere Draht kommt in Ringen in den Handel. Ein ganzer Ring Draht wiegt immer 10 Pfd., doch giebt es auch halbe Ringe zu 5 Pfd. Die Ringe der feineren Drähte sind durch Bindedraht zusammengebunden und je nachdem der Draht von 2 Millimeter ($\frac{1}{2}$ Linie) abwärts an Durchmesser abnimmt, werden ein, zwei oder mehrere solcher Bindedrähte angewandt, in welchen Fällen der Draht „Einband“, „Zweiband“ u. s. w. heißt. Diese feineren Drahtsorten sind indeß mehr zu dem Hochbau als zum Brückenbau im Gebrauche.

III. Die weitere Verarbeitung des Eisens im warmen Zustande in den Schmiedewerkstätten. Nachdem das Eisen durch die bei seiner Fabrication angewendeten mechanischen Hämmer oder durch die mechanische Schmiede oder auch durch die Walzwerke vorgearbeitet ist, bezweckt das Schmieden mit der Hand oder die Handschmiede die Umformung des Eisens durch Hämmer, wobei es entweder ausgereckt, gestreckt, oder zusammengedrückt, gestaucht, gebogen, gedreht oder gespalten wird. Die Erwärmung des Eisens erleichtert diese Operationen und erfolgt in den Schmiedefeuern oder Schmiedeeissen. In großen Schmiedewerkstätten bedient man sich zu dieser Erwärmung besondrer, den Flammöfen ähnlicher, Glüh- oder Schweißöfen.

Die Schmiedefeuer oder Schmiedeeissen sind, wo das Aus Schmieden größerer Eisenstücke unter mechanischen Hämmern erfolgt, offene Herde mit Schornsteinen und mit einem, zwei oder mehreren Feuern. Jedes dieser Feuer erfordert im Allgemeinen eine in der Herdfläche angebrachte Feuergrube mit Windzuleitung, wobei der zum Ansachen des Feuers nöthige Wind durch Blasbälge erzeugt wird, bei welchen man wieder Spitz- und Parallelbälge unterscheidet, einen Löschtrug mit Wasser zum Abkühlen der gebrauchten Werkzeuge und zum Härten, einen Wedel zum Besprengen des Feuers und einen Kohlen- und Schlackenbehälter. Nur in größeren, über mechanische Kräfte verfügenden, Werkstätten wendet man statt der Blasbälge Ventilatoren oder Kasten gebläse an.

Die Schmiedewerkzeuge sind theils Unterlagen für die zu bearbeitenden Eisenstücke, theils Hämmer, als die Hauptwerkzeuge zum Schmieden, theils Werkzeuge zur Herstellung von Formen, welche durch Hammer und Amboss allein nicht zu erhalten sind, theils Werkzeuge zum Fassen und Festhalten, theils Hülfswerkzeuge zur Ausführung der Schmiedearbeiten.

1. Unterlagen für die zu schmiedenden Eisenstücke. Zu den Unterlagen gehört der Amboss und das Sperrhorn. Der deutsche Amboss besitzt eine

ebene Oberfläche oder Bahn zum Flachschnieden, das Sperrhorn zwei wagrechte Ansätze, wovon der eine vierkantig pyramidenförmig, der andre kegelförmig ist und zum Rundschnieden dient. Der englische, in den meisten deutschen Schmiedewerkstätten eingeführte, Amboss hat ein Horn, der französische zwei Hörner, wie das Sperrhorn.

Schmiedehämmer. Die Handhämmer der Schmiede haben auf der : entweder ebene oder etwas konvexe, rechteckige, achteckige oder auf der andern Seite eine stumpfe, zur Stielrichtung entweder nkrechte Schneide, die *Finne*. Die Finne dient zum Ausreden, lätten des auszuschniedenden Stabes. Nach der Größe der Häm- *h* *a* *m* *m* *e* *r*, welche ein Gewicht von $1\frac{1}{2}$ —4 Pfund, oder *i* *m* *m* *e* *r*, welche ein solches von 6—20 Pfund besitzen. Unter *n* versteht man Hämmer, welche man auf die zu bearbeitende *d* auf deren Kopf alsdann mit dem Zuschlagehammer geschlagen *n*en derselben sind von verschiedener, der zu bearbeitenden Stelle *F* *o* *r* *m*.

e *r* Hämmer und *S* *e* *t* *t* *e* *r* Hämmer, sowie des Ambosses und *S* *p* *e* *r* *r* *e* *r* *S* *c* *h* *n* *i* *e* *d* :

r *e* *d* *e* *n*, wobei wieder die Finne zum Ausreden, die Bahn *e* *n* *t*.

e *n*, wobei der Querschnitt des Eisenstabs durch Schläge mit *h* *n* nach dessen Längenrichtung oder durch Stoß des zu stauchen- *s* *e* *l* *b* *s* *t* gegen den Amboss vergrößert wird.

h *e* *n*, wobei der Eisenstab, gewöhnlich unter Anwendung des *t* *e* *m* *i* *t* einem scharfen Absatz versehen wird.

e *n*, was gewöhnlich mit Hülfe des Horns am Amboss, des *d* *e* *r* auch bei schiefen Biegungen mittels des *D* *o* *r* *n* *s*, eines *s* *t* *ü* *c* *k* *s*, geschieht, und wobei rechteckige Biegungen am schwersten *d*, weil das Eisen an den Biegungsstellen seinen Querschnitt *n* *i* *t* Risse bekommt. Größere Eisenstücke werden mittels Bieg- *H* *a* *m* *m* *e* *r* *n* über besonderen Schablonen oder mittels Schrauben-

i *g* *e* *n*, d. h. je zwei Stücke Stabeisen oder Stahl in sehr hoher *r* *h* *e* *r* Hämmer, indem er sie gewissermaßen zusammenknetet, *e* *r* *e* *i* *n* *i* *g* *e* *n*. Damit irgend ein Metall schweißbar sei, muß

o *r* dem Schweißpunkte, bei der sogenannten Schweißhitze, *e* *r* *o* *h* *n* *e* *f* *l* *ü* *s* *s* *i* *g* *z* *u* *w* *e* *r* *d* *e* *n*,

e *r* *E* *r* *w* *e* *i* *c* *h* *u* *n* *g* *p* *l* *a* *s* *t* *i* *c* *h* *u* *n* *d* *s* *t* *r* *e* *c* *k* *b* *a* *r* *b* *l* *e* *i* *b* *e* *n*,

3. bei der Erwärmung bis zur Schweißhitze nicht oxydiren, überhaupt seine chemische Beschaffenheit an der Oberfläche oder im Innern nicht ändern.

Jede der beiden erstgenannten Bedingungen findet beim Stabeisen und Stahl vollkommen, die dritte alsdann statt, wenn man während des Erhitzens die Luft durch eine Kohlendecke oder durch eine Umhüllung von Borarpulver abhält, den gebildeten Glühspan mittels Hammerschlägen von der Schweißstelle absprengt und dadurch diese reinigt, oder endlich den Glühspan reduziert oder in Gegenwart von Kieselsäure in eine leicht flüssige Schlacke verwandelt, welche unter den ersten leichten Hammerschlägen aus der Schweißfuge ausfließt.

Was das Verfahren des Schweißens betrifft, so werden die zu schweißenden Stücke oft stumpf zusammengestoßen, indem man einen eisernen Zapfen in dem einen Theile befestigt, den andern Theil darüber schiebt und hierauf beide Stücke durch Stauchen miteinander vereinigt. Alle runde, flache oder quadratische Stäbe von geringen Dimensionen werden gewöhnlich mit schräger Schweißfuge verbunden. Stahl- und Eisenstäbe werden mittels Spalts im einen und keilsförmigen Zapfens im andern Stücke geschweißt, bei rechtwinklig zu schweißenden Stäben wird der eine aufgespalten, der andere umgebogen und in diesen Spalt gesteckt; Ringe werden mittels schräger Fuge geschweißt. Große, schwere Eisenstücke, für welche die Handhämmer nicht mehr ausreichen, werden mit Hülfe von mechanischen Hämmern zusammengeschweißt.

3. Hilfswerkzeuge zum Formen der Eisenstücke. Die wichtigsten Werkzeuge¹¹⁾ zur Bildung von Formen, welche sich mit alleiniger Hülfe von Hammer und Amboss schwierig oder gar nicht darstellen lassen, sind die Gesenke, die Meißel und Abschrote, der Durchschlag und Lochring, die Nagel-eisen und Stempel.

a. Die Gesenke sind hohle Formen für plastisch, hier in Eisen darzustellende Körperformen, aus Schmiedeeisen mit verstärkten Bahnen. Die Gesenke sind entweder eintheilige, wie die zum Schmieden der sechseckigen Schraubenmutter oder die zum Schmieden verschiedener prismatischer, z. B. rechteckiger, dreiseitiger oder runder Körperformen dienenden Gesenkstöcke, Eisenblöcke, welche mit den diesen Formen entsprechenden Vertiefungen versehen sind, oder zweitheilige, welche aus einem, mittels Zapfen in ein entsprechendes Loch am Amboss eingesteckten Untergesenk und einem, nach Art der Satzhämmer mit einem Stiel versehenen Obergesenk.

b. Die Schrotmeißel und Abschrote dienen zum Abhauen von Eisenstangen. Der Abschrot bildet eine meißelartige, mit Zapfen versehene Unterlage, welche in ein entsprechendes Loch des Ambosses gesteckt wird, während der Schrotmeißel ein mit der Hand direkt zu haltender Meißel oder ein mit Schneide ver-

Sehener Sechhammer ist Mittels des Schrotmeißels läßt sich auch ein Eisen-, d. h. zuerst aufhauen und mittels eines cylindrischen Stabes Stahl, eines Dorns, erweitern, ein Verfahren, welches keine des Materialquerschnitts zur Folge hat.

Loch und Lochring. Der Durchschlag ist ein Schrotmeißel mit Fläche statt der Schneide und wird, wie dieser, entweder mit der oder, wie der Sechhammer, mit Stiel versehen. Das Loch entsteht entweder über einem entsprechenden Loch des Ambosses oder über einem Lochring von 3,75—7,5 Centimeter ($1\frac{1}{2}$ —3 Zoll) Höhe, 1,25 Centimeter ($\frac{1}{4}$ —1 Zoll) Wandstärke und 5—10 Centimeter Durchmesser, worauf man das zu durchlochende Eisenstück hohl auf den Durchschlag aufsetzt und mittels Hammerschlägen einen Dorn heraustreibt. Das Loch bewirkt eine Schwächung des Querschnitts. Eine Erweiterung und die Regelmäßigkeit des Lochs bewirkt man durch einen Dorn von der entsprechenden Gestalt des Lochs. Das Durchschlagen von Eisenstangen im weißglühenden Zustande mittels Schwefelstange entspricht dem Querschnitt, indem das gebildete Schwefelstück praktisch von geringem Werth, da die Löcher rauh und zum Leisten leicht werden, wenn man sie nicht sorgfältig mit der Feile aus-

feilt, Stempel und Schellhammer dienen zum Anschmieden von Eisen, Nieten und Bolzen. Die Nagelisen sind mit Oeffnungen versehen, durch welche aufgestauchte Eisenstücke gesteckt werden, worauf, indem man den aufgestauchten Theil mit Hilfe des Hammers aus dem Nagelkopf herauschmiedet. Bisweilen wird ein Nagel mit einem besonderen Obergesenk ausgeschmiedet. Wird das Nagelisen aufgehalten, so heißt es Stempel, erhält es die Form des Sechhammers, so heißt es Schellhammer. Von Bedeutung für den Bau schmiedeeiserner Brücken ist die Anwendung des Sechhammers bei Anfertigung der Nieten, welche entweder durch Handarbeit, mittels eines Fallhammers und Gesenk, oder durch die Anwendung von Nietmaschinen bewirkt wird. Die Nietmaschinen werden zur Bearbeitung des Eisens durch mechanische Arbeit betrachtet, während die Handarbeit zur Herstellung der Nieten durch die Handarbeit betrachtet wird. Zu den Nieten erforderlichen Rundisen von der entsprechenden Größe wählt man stets das zähste, schneidet man zunächst mittels einer Schere einen unteren, mit Oeffnungen von verschiedenem Durchmesser, Schenkel man das Rundisen bis zu einer, hinter der Schere an einer Platte durchsteckt, Stücke von der hierdurch bestimmten nöthigen Länge, worauf man die Stücke in einer Esse rothwarm gemacht und

mittels eines Schellhammers in einem Nageleisen mit den sogenannten Setzköpfen versehen. Zur Beschleunigung des Heraushebens der so gebildeten Niete aus dem Nageleisen läßt sich ein zweiarmiger, um ein Scharnier drehbarer, Hebel anwenden, dessen kurzer Arm mit einem von unten ins Nagelloch greifenden Stift versehen ist und demnach den Niet herausschnellt, wenn auf den längern Hebelarm geschlagen wird. Um den zweiten, sogenannten Schließkopf an die Niete anzuschmieden, werden sie vorher, je nachdem die Vernietung in der Werkstätte oder auf der Baustelle erfolgt, entweder in einem feststehenden oder transportablen Schmiedefeuer angewärmt, durch die vorgebohrten Löcher der zu verbindenden Theile gesteckt und dann, während eine schmiedeiserne Keule oder ein schwerer Hammer wider den Setzkopf gehalten wird, der Schließkopf entweder ganz aus freier Hand oder gewöhnlich zuerst aus freier Hand und zuletzt mittels des Schellhammers angeschmiedet. Da die im Brückenbau angewendeten Niete meist runde Köpfe erhalten, so sind auch die bei Herstellung des Setz- und Schließkopfs angewendeten Schellhämmer mit halbkugelförmigen Vertiefungen versehen.

4. Werkzeuge zum Fassen und Festhalten der Eisenstücke sind entweder die Zangen von verschiedener Form des Mauls und der Schenkel oder der Schraubstock. Die ersteren finden hauptsächlich bei den Schmiedearbeiten, die letzteren bei den Schlosserarbeiten Anwendung. Besondere Erwähnung verdient die zum Festhalten von Eisenstücken, welche zu Schraubenmuttern ausgeschmiedet werden sollen, bestimmte sogenannte Mutternzange, deren Maul an den Enden umgekröpft ist.

5. Hilfswerkzeuge zur Ausführung der Schmiedearbeiten. Außer den vorstehend angeführten Werkzeugen zum Schmieden werden noch einige Hilfswerkzeuge erforderlich, worunter die Kohlenschaukeln zur Unterhaltung des Feuers, Kohlenhaken zum Schüren des Feuers, der Löschspieß mit Wedel zum Benetzen der Kohlen behufs Steigerung der Hitze, Feilen zum Reinigen der Metalloberflächen beim Schweißen u. s. w. gehören.

IV. Die feinere Verarbeitung des Eisens im kalten Zustande durch Handarbeit. Die feinere Verarbeitung der durch Schmieden und Walzen, Gießen und Ziehen hergestellten gröberen Eisenstücke in kaltem Zustande durch Handarbeit erfolgt in den, meist baulichen Zwecken dienenden, Handschlosserwerkstätten und erfordert theils Werkzeuge zum Festhalten der Arbeitsstücke, theils Werkzeuge zur eigentlichen Bearbeitung derselben in kaltem Zustande, theils einige Hilfswerkzeuge, welche in dem dritten Bande der Schule der Baukunst¹²⁾ abgebildet und beschrieben sind, und deshalb, insoweit sie beim Bau eiserner Brücken in Betracht kommen, zur Vervollständigung dieser Uebersicht nur angedeutet werden sollen.

des Griffs, welcher alsdann die Mutter, während die Sägeblattfassung die Spindel bildet.

c. Die **Handblechscheren** dienen zum Beschneiden dünner Eisenbleche und sind entweder gewöhnliche Scheren von starker Konstruktion oder Hebelscheren, welche aus einer, mit längerem Hebelsarm versehenen, oberen und einer, mittels zweier Lappen auf einem Bock befestigten, unteren Schneide bestehen. Sind die Schneiden dieser Hebelscheren geradlinig, so ändert sich der Scherenwinkel fortwährend, soll derselbe konstant bleiben, so müssen sie nach einer logarithmischen Spirale gekrümmt sein. Der Winkel der Schneiden ist gewöhnlich nicht spitz, sondern beträgt etwa 80° .

d. Die **Lochscheiben** und **Durchschläge** werden beim Durchschlagen runder und viereckiger Löcher in die Eisenbleche gebraucht und erfordern die, den Löchern der Scheibe entsprechenden, Erhöhungen oder Durchschläge. Um den Durchschlag genau auf die Oeffnung der Lochscheibe aufsetzen zu können, versieht man die Lochscheibe zweckmäßig mit einer Klappe, welche genau dieselbe Oeffnung an derselben Stelle hat. Wird alsdann das zu durchlochende Stück zwischen die Lochscheibe und die Klappe gesteckt, so läßt sich der Durchschlag genau über der entsprechenden Oeffnung der Lochscheibe aufsetzen. Eine andere Vorrichtung zum Lochen besteht aus zwei gleichlangen, etwas gebogenen, am einen Ende mittels Scharnier verbundenen Armen, deren oberer einen eingeschraubten Durchschlag oder **Mönch**, deren unterer die Oeffnung oder die **Nonne** enthält. Indem man das zu durchlochende Blech zwischen Mönch und Nonne legt und auf den im oberen Arm unmittelbar über dem Durchschlag eingeschraubten Kopf den Schlag mit dem Hammer führt, erfolgt die Durchlochung des Blechs.

e. Die **Feilen** finden bei der feineren Bearbeitung des Eisens vielfach Anwendung und kommen in sehr vielen Gattungen in den Handel. Man unterscheidet und benennt sie nach ihrer Länge, Querschnittsform, Seitenansichtsform und Art der Schärfung oder des **Hiebs**.

Die Länge der Feilen wechselt zwar zwischen 2,5—60 Centimeter (1—24 Zoll), die gewöhnlichsten besitzen aber eine Länge von 20—50 Centimeter (8—20 Zoll). Feilen von quadratischer, rechteckiger, kreisförmiger, halbrunder und dreieckiger Querschnittsform nennt man beziehungsweise Armfeilen, Flach- oder Handfeilen, Rundfeilen oder Rattenschwänze, Halbrundfeilen und dreikantige Feilen. Auch Feilen mit trapezförmiger, rhomboidischer und elliptischer Querschnittsform kommen vor.

Nach der Form der Seitenansicht unterscheidet man parallele Feilen mit parallelen Langseiten, verjüngte Feilen mit konvergirenden geraden oder schwach gekrümmten Langseiten, Spitzfeilen mit sich schneidenden Langseiten.

Nach der Art der Schärfung unterscheidet man Feilen mit einfachem Hieb, zweifachem Hieb und Raspeln. Die Feilen mit einfachem Hieb haben meist parallele, mittels Meißel eingehauene, zur Mittellinie der Feile rechtwinklige oder geneigte Zähne und werden wie die Raspeln, deren Zähne aus einzelnen, mittels eines spitzen Meißels aufgehauenen, Spitzen bestehen, nur zum Feilen weicher Metalle oder zur Bearbeitung des Holzes verwendet. Die Feilen mit zweifachem Hieb, dem sogenannten Ober- und Unterhieb, werden zur Bearbeitung der härteren Metalle. Ihr Unterhieb ist noch mehr gegen die Mittellinie geneigt als der Oberhieb, ist der Unterhieb in der Regel etwas weitläufiger

als die Armfeilen mit 10 bis 25 Haufschlägen (1) im Oberhieb und quadratischem Querschnitt. Die Feilen mit 15 bis 25 Haufschlägen auf 2,5 Centimeter als die Armfeilen und flach oder halbrund sind, sind die Armfeilen mit mittelfeinem Hieb von 24 bis 25 Centimeter (1 Zoll) und halbrunder, flacher oder Schlichtfeilen haben einen feinen Hieb mit 2,5 Centimeter (1 Zoll) und sind gewöhnlich 6 bis 14 Centimeter (6 1/2 bis 14 Zoll) Länge, die Feilen mit feinem Hieb mit 115 bis 215 Haufschlägen auf 2,5 Centimeter (1 Zoll) und eine Länge von 10 bis

15 Centimeter. Die Bohrer und Bohr-
Ausbohren von Löchern aus dem Bollen und
auf einen Druck von oben; die Reibahlen
in Glätten des vorgebohrten Lochs. Die Bohrer
sind Theile des Bohrapparats, welche in die Bohr-
Welle dieser gedreht und niedergedrückt werden.
Die Bohrer sind der gewöhnliche Bohrer, der
Senkbohrer oder Senker und der
in jeder Form der Schneide. Die Reibahlen
sind theilweise kantig und theilweise rund. Die
Umdrehen und Vorschieben der Bohrer in dem
Bohrer entweder eine abwechselnd vor- und
rückgehende Bewegung, in welcher
einschneidig, in welcher letzterem Fall sie ein-
zu den zweischneidigen gehört die Bohrwelle
der Drillbohrer. Sie arbeiten mit vor-
und rückgehender Bewegung zugleich, dienen aber nur für feinere

Bohrarbeiten, wie sie beim Brückenbau wenig oder nicht vorkommen, dagegen findet der Ratschhebel oder die Ratsche zum Bohren von Löchern bei Aufstellung kleiner eiserner Brücken, welche an der Baustelle bearbeitet werden, häufig Anwendung. Die Ratsche, welche nur mit vorwärts gehender Bewegung arbeitet, besteht aus einem Cylinder, in dessen unteren Theil der Bohrer eingesteckt wird, während der obere Theil mittels einer besondern Schraube gegen einen festen Gegenstand so angepreßt werden kann, daß ein Gegendruck auf den Bohrer und das zu bohrende Eisenstück entsteht. Auf dem Cylinder ist ein Sperrrad befestigt, welches sammt dem Bohrer mittels eines mit Sperrkegel versehenen Hebels gedreht wird, wobei die Drehung des Bohrers nur bei der Vorwärts- nicht aber bei der Rückwärtsbewegung des Hebels erfolgt. Bohrwerkzeuge mit Vorwärtsbewegung sind ferner die Brustleier, mit welcher übrigens nur ein schwacher Druck auf den Bohrer ausgeübt werden kann, die Bohrmaschine mit zweiarmigem Bohrbügel von ähnlicher Einrichtung wie die Brustleier, wo aber jener Druck durch eine Schraube verstärkt wird, und die Bohrmaschine mit Winkelgetriebe, welche ebenfalls eine Druckschraube besitzt. Auch auf der Drehbank können, besonders kleinere, Löcher gebohrt werden, wobei sich entweder der Bohrer oder das Arbeitsstück dreht.

g. Die Schraubenschneidwerkzeuge. Sowol die Schraubenspindeln als Schraubenmuttern werden entweder auf der Drehbank oder mittels Schneideisen, Kluppen und Bohrern, oder mittels Schraubenschneidmaschinen geschnitten. Von der ersteren Herstellungsweise der Schrauben wird unter den Drehwerkzeugen, von der letzteren bei Betrachtung der mechanischen Werkstätten die Rede sein.

Alle Schraubenmuttern und Schraubenbolzen von 5 Centimeter (2 Zoll) abwärts werden mittels Schneideisen, Kluppen und Bohrern von Hand geschnitten.

Das Schneiden der Schraubenbolzen. Die Schraubenspindeln schneidet man mit Hülfe eines Muttergewindes. Zur Herstellung kleiner Schrauben ist das Muttergewinde in eine Platte eingeschnitten und mit kleinen Einfrübungen versehen. Eine Platte mit mehreren solcher festen Muttergewinde in verschiedenen aufeinander folgenden Größen nennt man ein Schneideisen. Für Schrauben von größerem Durchmesser besteht das Muttergewinde aus zwei oder mehreren Segmenten, welche eingespannt werden können und sich verschieben lassen, um im Verlaufe des Schraubenschneidens die Gangtiefe vermehren zu können. Solche Apparate mit beweglichen Segmenten oder Backen nennt man Schneide- oder Schraubenkluppen.

Die Schraubenkluppen für kleinere Schraubenspindeln sind entweder solche mit einem Arm zum Drehen und einer Stellschraube oder solche mit

zum Drehen und zwei Stellschrauben. Bei den ersteren werden in verjüngten Schneidebäcken in die gleichfalls und ebenso verjüngte Kluppe eingelegt und mittels eines darübergeschobenen Stabes dieser Oeffnung derart festgehalten, daß sie mittels einer Flügelschraube einander genähert werden können. Bei den zweiten, welche einen ähnlichen Schieber besitzen, wirkt jede der beiden auf den ihr zugekehrten Schneidebäcken. Dieselbe Einrichtung, bestehende aus verjüngten und verstärkten Maßstäben, erhalten auch größere Kluppen. Bei einem der beiden Stellschrauben ein Scharnier angewendet, wird die mit zwei Armen versehene Kluppe mit Scharnier und Stellschraube die zweiarmlige Scharnierkluppe. Die seitlich mit Nuten versehenen Schneidebäcken werden in das, mit den entsprechenden Erhöhungen versehene Gestell eingeschoben und durch Drehung um das Scharnier geöffnet, so daß das Gestell eingeschoben und die Stellschrauben einander genähert. Durch eine kleine, dieser Annäherung wirkende, Schraube kann der Grad der Annäherung fixirt und die Distanz der zu schneidenden Schrauben bewirkt werden; die neuere Hefsch'sche Schraubenschneidkluppe enthält drei Schneidebäcken, wovon der mittlere zum Nachschneiden bestimmt feststehend ist und die beiden anderen auf beiden Seiten eines mit einem Gewinde versehenen Doppelseils gegen den festgeschoben werden können und zum Vorschneiden der Schrauben dienen.

Schneiden der Schraubenmutter. Die Schraubenmutter werden von Gewindbohrern oder Schraubenbohrern, stahlgewindbohrern, deren Gewinde theils durch Einkerbungen, theils auf ebenen Flächen mit Schneidekanten versehen sind, geschnitten, so daß ein cylindrisches Loch vom Durchmesser des Spindelkerns vorhanden ist. Das Einschnitten des Gewindes geschieht alsdann mittels des Gewindbohrers, eines sogenannten Sages, wovon die ersten zum Vorschneiden und die letzten zum Nachschneiden dienen.

Nachschneiden der Schneidebäcken für die Schraubentluppen bedient man sich genauer Gewindbohrer, der sogenannten Normalbohrer oder Normalschneidbohrer.

Die Gewindbohrer haben oben einen viereckigen Kopf, welcher in einen vierarmigen, mit den entsprechenden viereckigen Löchern versehenen, sogenannten Windeisen, gesteckt wird, mittels dessen die Bohrer bewegt werden.

Die beschriebenen Schraubenschneidwerkzeuge dienen gewöhnlich zum Erzeugen von feineren Gewinde, jedoch werden Schrauben mit flachen und runden Gewinden in ähnlicher Weise erzeugt. Die hergestellten Schrauben sind theils mit links oder rechts aufsteigendem Gewinde.

h. Die Drehwerkzeuge. Obwol die zur Herstellung von Brückenkonstruktionen erforderlichen, abzdrehenden Theile meistens und namentlich bei den bedeutenderen derselben durch Maschinenarbeit hergestellt werden, eine Bearbeitungsweise, welche wir bei den mechanischen Werkstätten zu berühren haben, so ist doch zur Herstellung kleinerer und in geringer Anzahl erforderlicher runder Konstruktionstheile die Handarbeit des Drehers nicht ausgeschlossen. Die Arbeit des Drehens erfolgt auf der **Drehbank**. Die Haupttheile der Drehbank sind das **Gestell**, eine Art Tisch, die auf dem Tisch befindlichen **Stöcke**, insbesondere der **Spindelstock** und **Keitstock**, zwischen welche die abzdrehenden Gegenstände eingespannt werden, die durch einen **Tritt** bewegliche verkörperte **Welle** mit **Riemscheiben**, welche letztere durch eine **Schnur** oder einen **Riemen** ohne Ende mit den entsprechenden Riemscheiben des Spindelstocks in Verbindung gesetzt werden können, und die auf dem Tisch befindliche **Vorlage**, ein **Auflager** für die schneidenden Werkzeuge oder **Drehstähle**.

Zum Zweck des Drehens werden die Arbeitsstücke entweder zwischen die **Spitzen** oder **Körner** des Spindel- oder Keitstocks gespannt oder nur an dem Spindelstock befestigt, indem man sie in hohle **Patronen**, sogenannte **Drehbankfutter**, festklemmt.

Im ersten Falle werden auf die Drehbankspindel sogenannte **Mitnehmerscheiben** mit einem parallel zur Spindel vortretenden **Mitnehmerstift** geschraubt, während das Arbeitsstück in dem sogenannten **Mitnehmer**, einem mit einem Arm und einer Schraube versehenen Ring festgeschraubt und zwischen die **Spitzen** oder **Körner** der **Stöcke** gespannt wird. Während des Drehens legt sich der Mitnehmerstift an den Mitnehmer und nimmt diesen, sowie das mit ihm festverbundene Arbeitsstück mit. Im zweiten Falle wird das Arbeitsstück mittels mehrerer **Stellschrauben** in dem **Drehbankfutter** befestigt und zugleich **centrirt**.

Um genau cylindrische und solche Gegenstände zu drehen, bei welchen ein stetiges Vorrücken des Drehstahls erfordert wird, bedient man sich zur Führung des Drehstahls nicht mehr der Hand, sondern des sogenannten **Supports**, an welchem der Drehstahl befestigt wird. Der **Support** besteht aus zwei **Schlitten**, welche sich rechtwinklig zueinander so verstellen lassen, daß der unterste sich auf einer **Grundplatte** rechtwinklig zur **Spindelaxe** und der obere sich auf dem untersten und rechtwinklig zu diesem, mithin parallel zur **Spindelaxe**, verschieben läßt. Dieser obere Schlitten enthält zugleich den Raum, worin die schneidenden Werkzeuge befestigt werden, das sogenannte **Stichelhaus**, und kann meistens noch in andere Lagen zu dem untersten Schlitten als die rechtwinklige gebracht werden. Unter die Schneidwerkzeuge zum Drehen gehören der **Stichel**, der **Drehstahl**, der **Drehhaken**, der **Schlichthaken**,

aterial der eisernen Brücken

nd stahl für das Drehen außere
eln und innerer Gewinde

Eintheilen, Linienziehen u. s. w.
el, das Streichmaß und die

hnlichen Zirkel von bekannter
Taster oder Greifzirkel zum
r, in welcher letzterem Falle keine
fel zum gleichzeitigen Abgreifen

liche schmiedeeiserne rechte
lagwinkel mit einem dreh-

rnen Kopf, durch welchen sich ein
jen von Linien versehener Draht
läßt, worauf der Kopf den An-

nziehen und Lösen der Schrauben-
enschlüssel für vier- und sechs-
für runde, mit Einschnitten ver-
kenförmigen Erhöhungen, Schrau-
sten Stiften und mit Stiften auf
versalschraubenschlüssel oder
je nach der Größe der Muttern

sens im kalten Zustande durch
bettung des Eisens zu einzelnen
durch Handarbeit geschehen kann,
ntwicklung des Eisenbahnnetzes die
auch zahlreicher kleinerer Brücken,
tzeitiger Herstellung die Handar-
, welche man hierbei zu Hülfe
annten mechanischen, Werkstätten
der Maschinenfabriken, Brücken-
in denselben thätigen Maschinen
, sondern auch nach den Ländern
ich nach dem jeweiligen Bauwerk
tze und Verbesserungen

Die mechanischen Werkstätten haben im Allgemeinen die Aufgabe, die weitere Bearbeitung der aus der mechanischen Schmiede und den Gießereien hervorgegangenen gröberen Eisenstücke zu bewirken. Diese weitere und feinere Bearbeitung besteht theils in einem Fortnehmen der rauhen Oberfläche durch *schneidende Werkzeuge*, seltner durch Feilen und Schleifen. Unter den schneidenden Werkzeugen sind es hauptsächlich die *Werkzeugmaschinen*, welche im Großen fast allgemein angewendet werden. Die wichtigsten derselben sind die, vorzugsweise zur Darstellung konvexer Oberflächen und Rotationskörper bestimmten, *Drehbänke*, *Bohrwerke* und die *Bohrmaschinen* zur Darstellung von Rotationskörpern mit hohler Oberfläche, *Hobelmaschinen* zur Darstellung ebener Oberflächen voller Körper, *Ruthenstoßmaschinen* zur Herstellung ebener Oberflächen und Ruthen, *Rundhobelmaschinen* und *Fräsmaschinen* zur Darstellung prismatischer Körper mit krummer Oberfläche, *Schraubenschneidmaschinen*, *Nietmaschinen* und *Maschinen zum Schneiden und Lochen der Bleche*.

Bei den Drehbänken, Bohrmaschinen und Schraubenschneidmaschinen wird die Oberfläche des herzustellenden Gegenstandes nach fortlaufenden *Spiralen* erzeugt, während bei den Planhobelmaschinen, Ruthenstoßmaschinen und Rundhobelmaschinen die Bewegung der schneidenden Werkzeuge *sprungweise*, d. h. so erfolgt, daß es nach Vollendung eines Schnitts, ohne zu schneiden, nach dem Anfangspunkt des Schnitts zurückkehrt und nach der Leitlinie fort-rückt, um einen andren Schnitt zu beginnen.

1. Die mechanischen Drehbänke dienen wie die Fußdrehbänke zum Ab-drehen kleiner cylindrischer Bolzen und unterscheiden sich von diesen dadurch, daß sie nicht wie diese, mittels eines an der verköpften Welle hängenden Tritt-brets, durch den Arbeiter selbst bewegt, sondern durch Riemscheiben in Be-wegung gesetzt werden, welche an einer, unabhängig von der Drehbank rotiren-den, Welle befestigt und mit den Riemscheiben der Drehbank durch einen Riemen ohne Ende in Verbindung gesetzt sind. Die Hauptbestandtheile derselben sind das *Gestell*, die *Stöcke* oder *Docken* und der *Support* wie bei den Fußdrehbänken und von ähnlicher Einrichtung wie bei diesen.

Das *schneidende Werkzeug* wird entweder durch die Hand des Ar-beiters mit Hülfe einer Unterstüzung durch die *Vorlage* frei geführt oder an dem *Support* befestigt und mit diesem entweder durch *Kurbelbewegung* mit der Hand oder durch einen von der Spindel aus bewegten *Mechanismus* fortgeschoben.

Das *Arbeitsstück* wird entweder an der Spindel mittels Drehbankfutter oder *Mitnehmerscheibe* so befestigt, daß es sich gemeinschaftlich mit derselben dreht, oder es wird zwischen die Spitzen der Stöcke gespannt und durch den *Mitnehmer* von der Spindel in die drehende Bewegung versetzt.

2. Bohrwerke und Bohrmaschinen. Bei Herstellung von zu bohrenden Brückentheilen handelt es sich entweder darum, bereits im Roßen hergestellte *hohle Eisen-* oder Stahlstücke weiter auszubohren oder volle Stücke dieser zu bohren.

Bohrmaschinen zum Ausbohren von Hohlzylindern. Das Ausbohren ist nur bei Hohlungen von größerem Durchmesser an und dabei entweder der geeigneten Drehbänke oder eigens hierzu Cylindervohrmaschinen. Bei den Drehbänken ist das Werkzeug ein Stichel, welcher auf dem Support der Drehstichelhaube befestigt ist, während das auszubohrende Stück auf der Wurf Scheibe befestigt ist und sich dreht. Bei der Cylindervohrmaschine wird das Schneidwerkzeug durch ein oder mehrere Stoßer gebildet, die unmittelbar auf einer Bohrstange oder auf dem Umfang einer mit der Bohrstange festverbundenen Scheibe, dem Bohrkopf, festgeleitet werden. Das Ausbohren geschieht im letzteren Falle durch eine drehende und vorwärtstreibende Bewegung des Hohlzylinders und Schneidwerkzeugs entweder

der Hohlzylinder feststeht und die Messer beide Bewegungen machen, oder der Hohlzylinder sich dreht und die Messer fortschreiten, oder der Hohlzylinder vorwärtstreibt und die Messer rotiren, oder der Hohlzylinder beide Bewegungen macht und die Messer feststehen. Die Bewegung der Cylindervohrmaschine wird in der Regel durch Riemen und Nocken ohne Ende, die fortschreitende Bewegung durch Stangen oder Schrauben bewirkt.

Bohrmaschinen zum Bohren aus dem Vollen dienen zur Herstellung von Stangen mit geringerem Durchmesser, welche das Arbeitsstück entweder eisenweise durchsetzen, so daß ein Durchbohren oder Einbohren in beiden Fällen ist die Anordnung der Maschine derart, daß der Bohrer in der inneren vertikalen Achse befestigt wird, mit welcher er gleichzeitig fortwärtst sich dreht, während das Bohrstück auf einer Unterlage, dem sogenannten Bohrtisch, befestigt ist. Die eigentlichen Bohrmaschinen bestehen nämlich aus:

Bohrspindel mit ihrem Bewegungsmechanismus, Bohrtisch zur Aufnahme des Arbeitsstücks und Gerüst, welches den Bohrtisch mit der Bohrspindel und deren Bewegungsmechanismus verbindet.

Abhobelmaschinen. Die gußeisernen Unterlagsplatten, welche den Bohrer zur Unterstützung dienen und zugleich eine durch den Teller bedingte Verschiebung derselben gestatten sollen, bedürfen einer durch die Planhobelmaschinen. Das Abhobeln dieser sogenannten

Schiebplatten oder anderer Platten erfolgt durch die Herstellung sehr nahe zusammenliegender paralleler Schnittlinien, wobei das schneidende Werkzeug eine zu diesen Parallelschnitten senkrechte sprungweise Verschiebung erleidet. Gewöhnlich erhält bei den Planhobelmaschinen der Stichel vor Beginn jedes Schnitts diese seitliche Verschiebung, das Arbeitsstück die geradlinig hin- und hergehende Bewegung, während der Stichel feststeht und meistens nur bei der vorwärts gehenden Bewegung schneidet.

4. Rundhobelmaschinen dienen zum Abhobeln größerer Bolzen oder Walzen, wie die Cylinder der zur Herstellung einer Verschiebung bei Temperaturwechsel angewendeten Rollenstühle oder die Drehbolzen von Scharnierbrücken. Auch die Rundhobelmaschinen liefern sehr naheliegende parallele Schnittlinien bei seitlicher sprungweiser Verschiebung des Schneidwerkzeugs. Gewöhnlich macht der Stichel die geradlinigen parallelen Schnittbewegungen, deren Richtungen horizontal sind, während das Arbeitsstück nach jedem Schnitt die Seitenverschiebung durch Drehung um seine Cylinderaxe macht.

5. Ruthenstoßmaschinen. Die zur Herstellung von Ruthen dienenden Stoßmaschinen erzeugen ebenfalls naheliegende parallele Schnittlinien bei relativer sprungweiser Verschiebung des Schneidwerkzeugs. Gewöhnlich macht der Stichel in senkrechter Richtung die geradlinige Bewegung, während das Arbeitsstück feststeht, und bei Beginn des neuen Schnitts verschiebt sich das Arbeitsstück um die Dicke des Spans. Die Ruthenstoßmaschine besteht hiernach hauptsächlich aus

1. dem Stichel oder Meißel mit seinem Bewegungsmechanismus,
2. dem Arbeitstisch mit seinem Bewegungsmechanismus,
3. dem Gerüst, welches den Arbeitstisch und den Stichel mit ihren Bewegungsmechanismen untereinander verbindet.

6. Schraubenschneidmaschinen und Schraubenmutterfräsmaschinen. Der große Bedarf an Schraubenbolzen der verschiedensten Art für den Bau eiserner Brücken hat beim Schraubenschneiden die Handarbeit größtentheils verdrängt. Die Schraubenschneidmaschinen ahmen übrigens die Handarbeit vollständig nach. Zum Schneiden der Schraubengewinde dienen Kluppen, worin die, durch die Maschine in drehende Bewegung versetzten, Schraubenspindeln geschnitten werden, während die Kluppen zwischen Führungen fortrücken. Zum Bohren der Muttern dienen Bohrer, welche durch die Maschine in Umdrehung versetzt werden, während die Mutter selbst feststeht.

Außer dem Schneiden der Schrauben- und Muttergewinde durch Maschinen stellt man auch die Schraubenköpfe und Außenflächen der Muttern durch Maschinen rascher und genauer her, als dies durch Handarbeit möglich ist.

Die Schraubenköpfe haben gewöhnlich die Gestalt vierseitiger, die Schraubenmutter diejenige vierseitiger oder sechsseitiger Prismen von geringer Höhe.

tt. Das Eisen als Baumaterial der eisernen Brücken.

ser Prismen werden gewöhnlich auf der Drehbank, die auf sogenannten Mutterfräsmaschinen so besser jede Seitenfläche der Prismen einzeln oder je zwei alle Flächen gleichzeitig gefräst werden.

n. Da die meisten Theile der schmiedeisernen Brücken gussend werden, so ist hierzu besonders bei bedeutenden Anzahl von Nieten erforderlich, daß man dieselben statt ebene Handarbeit genauer und schneller mittels Maschinen zur Fabrikation der Nietbolzen besteht aus zwei Theile aus der, einer Blechschere ähnlichen, Schere mit verstellbarem Zerschneiden der Rundeisenstäbe in Stücke von beliebiger Länge Nietbolzen, der zweite aus einem vertikal aufsteigenden und abwärts gehenden, welcher das Gesenke für den Sekkopf des Nietbolzen herstellt und beim Niedergang den in glühendem Zustande zusammenstaucht und den Sekkopf ausprägt. Die Unterseite des Stempels geschieht durch eine sich fortwährend drehende Trommel, in welche die Bolzen nach radialen Richtungen eingelegt werden.

Die Nieten selbst oder zur Anfertigung des Schließkopfs lassen sich auch von Hand machen, welche im Allgemeinen aus einem Gegenhalter und einem horizontal sich bewegenden Stempel mit dem entsprechenden Gesenke bestehen, welche der mit dem Sekkopf versehene, durch die zu verarbeitende, glühende Nietbolzen geschoben wird, worauf der Schließkopf anpreßt. Bei der früher häufig gebrauchten Nietmaschine erfolgte der Hin- und Hergang des Stempels mittelst Hebbaumens, der wieder durch eine Kiemenscheibe in drehende Bewegung versetzt wurde. In neuerer Zeit wird eine Kiemenscheibe einen direkten Dampfdruck angewendet, der den Stempel mit dem Dampfkolben unmittelbar verbunden ist, so daß die Bewegung mit der Hand geschieht. Bei vertikal beweglichem Stempel wird der Druck durch einen zweiarmigen Hebel aus, dessen Längsbohrung in Verbindung steht. Da die Nietmaschinen durch Schlag arbeiten, so verursachen sie auch nicht jenes Geräusch, welches mit dem Nieten von Hand verbunden ist.

o. Zerschneiden der Bleche. Die Genauigkeit, welche man von schmiedeisernen Brücken verwendeten starken Bleche und der erforderlichen Nietlöcher verlangt, sowie die Nothwendigkeit, der durchlochten Bleche in möglichst kurzer Zeit zu bewirken, zum Zerschneiden und Lochen der Bleche oder die man zu diesem Zwecke die Blechlochmaschinen hervorgerufen.

n. Zerschneiden der Bleche. Die Genauigkeit, welche man von schmiedeisernen Brücken verwendeten starken Bleche und der erforderlichen Nietlöcher verlangt, sowie die Nothwendigkeit, der durchlochten Bleche in möglichst kurzer Zeit zu bewirken, zum Zerschneiden und Lochen der Bleche oder die man zu diesem Zwecke die Blechlochmaschinen hervorgerufen.

Die mechanischen Scheren bieten hinsichtlich der Uebertragung der Bewegung an das bewegliche Messer, sowie hinsichtlich der Form desselben manche Verschiedenheiten dar und sind entweder solche mit Hebelbewegung, Parallelbewegung oder Rotationsbewegung.

a. Die mechanischen Blechscheren mit Hebelbewegung erhalten einen feststehenden Schenkel, während der andere einen zweiarmigen oder Winkelhebel bildet, dessen längerer Arm entweder durch eine Excentrif oder durch eine Lenkerstange hin- und herbewegt wird. Der Schnitt entsteht durch die beiden führenden Hebelarme oder die Backen der Schere, deren Schneiden an der Berührungsfläche gewöhnlich Winkel von $70-80^{\circ}$ bilden und deren Winkel, der sogenannte Scherenwinkel, veränderlich ist.

b. Die mechanischen Blechscheren mit Parallelbewegung. Die Scheren mit Hebelbewegung lassen sich wegen des veränderlichen Scherenwinkels nicht gut zum Schneiden breiter Bleche anwenden, man bedient sich daher zum Schneiden sehr breiter Bleche in neuerer Zeit vorzugsweise der mechanischen Scheren mit Parallelbewegung, deren eine Schneide feststeht, während die andere, an einem zwischen Führungen in Coulissen beweglichen Stück befestigt, sich stets unter demselben Scherenwinkel geradlinig auf und niederbewegt.

c. Die mechanischen Blechscheren mit Rotationsbewegung sind entweder solche mit zwei rotirenden Scheiben, welche die Messer der Schere darstellen, oder mit einer rotirenden Scheibe und einem geradlinigen Messer.

Die ersteren, welche auch Kreis- oder Circularscheren heißen, bestehen aus Stahl, haben Ränder mit nach einem Winkel von $70-88^{\circ}$ abgeschrägten Kanten, greifen ein wenig übereinander und werden mit einem elastischen Druck gegeneinander gepreßt.

Die letzteren sind entweder so konstruirt, daß die Scheibe gedreht und das zu schneidende Blech auf dem geradlinigen Messer liegend an der Scheibe vorbeigeführt oder aber die Scheibe an dem geradlinigen Messer, auf welchem das Blech festliegt, bei fortwährender Drehung entlang geführt wird.

9. Die Blechlochmaschine besteht aus einer festen Unterlage, einem scharfkantigen cylindrischen Stahlring, auf welchen das zu durchlochende Blech gelegt wird und aus welchem ein auf- und abgehender cylindrischer Stempel einen Eisenpußen von dem Durchmesser des herzustellenden Lochs herausdrückt. Um diese Operation zu erleichtern, wird entweder bei ebner Unterlage der Stempel abgeschragt oder bei schräger Unterlage der Stempel eben gemacht. Die erstere Anordnung wird beim Durchlochen der Brückenbleche angewendet indem dieselben hierdurch die geringste Formveränderung erleiden, während bei der letzteren Anordnung zwar die herausgedrückten Eisenstücke regelmäßiger, aber die Bleche unregelmäßiger werden.

A. Die Kohlenstoffverbindungen des Eisens. Der Kohlenstoff verbindet sich nach dem Früheren mit dem Eisen in den mannichfaltigsten Gewichtsverhältnissen, unter welchen wir, mit abnehmendem Kohlenstoffgehalt, als die technisch wichtigsten unterscheiden:

- | | | |
|---|---------------------------------|----------------|
| 1. Das Roheisen oder Gußeisen mit | 5 bis $3\frac{1}{2}$ Przt. | } Kohlenstoff. |
| 2. den Stahl mit | 2 = $\frac{2}{3}$ = | |
| 3. das Schmiedeeisen oder Stabeisen mit | $\frac{2}{3}$ = $\frac{1}{2}$ = | |

Das Roheisen ist entweder

- a. graues Roheisen mit etwa 0,6 bis 1,3 Przt. chemisch gebundenem Kohlenstoff, und 2,9 = 3,7 = freiem Kohlenstoff, oder
- b. weißes Roheisen mit etwa $3\frac{1}{2}$ = 5 = chemisch gebundenem Kohlenstoff.

Der Stahl besitzt:

- | | | |
|--|---------------------|----------------|
| a) im weichen schweißbaren Zustande | $\frac{5}{8}$ Przt. | } Kohlenstoff. |
| b) als sehr harter Gußstahl | $1\frac{1}{9}$ = | |
| c) in sehr wenig schmiedbarem Zustande | 2 = | |

Das Stabeisen besitzt:

- | | | |
|-------------------------------|---------------------|----------------|
| a) in weichem, zähem Zustande | $\frac{1}{4}$ Przt. | } Kohlenstoff. |
| b) in hartem Zustande | $\frac{1}{2}$ = | |

B. Die Verbindungen des Eisens mit Schwefel und Phosphor. Schon 1 Theil Schwefel, in Verbindung mit 10,000 Theilen Eisen, macht das letztere, besonders in rothwarmem Zustande, brüchig, warm- oder rothbrüchig, und schon 1 Theil Schwefel auf 3000 Theile Eisen macht dasselbe für alle Temperaturen untauglich zu technischen Zwecken, weshalb man denselben theils durch das Rösten der Erze, theils durch eine Vermehrung der Kaltzuschläge zu den Erzen zu beseitigen sucht. Phosphor findet sich fast in jedem Schmiedeeisen und trägt, solange der Phosphorgehalt $\frac{1}{4}$ Prozent nicht übersteigt, nur zu dessen Härte bei, ohne dessen Zähigkeit und Biegsamkeit zu vermindern, dagegen macht ein Phosphorgehalt von über 1 Prozent das Eisen in kaltem Zustande brüchig, kaltbrüchig, und technisch unbrauchbar.

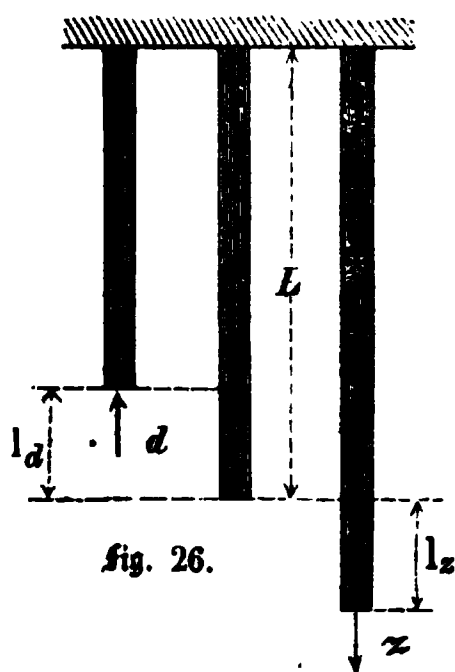
2. Chemisches Verhalten des Eisens zu den Atmosphärien. Von großer Wichtigkeit für den Bestand eiserner Brücken sind die Veränderungen, welche das Eisen durch die Einwirkung des Sauerstoffs der Luft und des Wassers erleidet. Das Eisen bildet mit dem Sauerstoff *Eisenoxydul*, welches in Berührung mit der Luft schnell zu *Eisenoxyd oxydirt*. Diese beiden Oxyde des Eisens verbinden sich wieder in mancherlei Verhältnissen zu *Eisenoxyduloxyd*, einer Verbindung des Eisens, welche, da sie den Sauerstoff in beweglicher Form

riert zwischen 7,3 und 7,9 und kann im Mittel zu 7,79 angenommen werden, das spezifische Gewicht des Stahls liegt zwischen 7,40 und 8,10 und läßt sich durchschnittlich zu 7,70 annehmen.

Hiernach beträgt im Mittel für :

	das spez. Gewicht,	das Gewicht von 1	
		Rub.-Mtr. in Kg.	Rub.-Fuß Preuß. in Z.-Pf.
Roheisen	7,21	7210	444,86
Schmiedeeisen	7,79	7790	480,64
Stahl	7,70	7700	474,87

B. Die Elastizität und Festigkeit des Eisens. a) Die Festigkeit des Eisens gegen Zug und Druck. Wird ein prismatischer Eisenstab A B, s. Fig. 26, einem Zug oder Druck ausgesetzt, so wird derselbe beziehungsweise verlängert oder verkürzt. Wird dieser Zug oder Druck gesteigert, so wird der Stab endlich zerrissen oder zerdrückt. Dasjenige Gewicht, welches einen Stab von bestimmtem Querschnitt zerreißt oder zerdrückt, soll in der nachfolgenden Tabelle mit Z und D bezeichnet werden. Ueberschreitet jener Zug oder Druck eine gewisse Grenze, welche man die Elastizitätsgrenze nennt, nicht, so verschwinden die dadurch hervorgerufenen Verlängerungen und Verkürzungen wieder, sobald die einwirkende Kraft aufhört. Dasjenige Gewicht, welches ein Prisma von bestimmtem Querschnitt bis zur Elastizitätsgrenze verlängert oder verkürzt, soll später mit z und d bezeichnet werden. Die Werthe z und d sind die Grenzen derjenigen Zug- und Druckkräfte, welchen Eisenstäbe oder Eisenplatten als Glieder von Brückenkonstruktionen höchstens ausgesetzt werden dürfen; Grenzen, welche man unter besonderen Umständen noch enger zieht. Ueberschritte nämlich jene Zug- oder Druckkraft die Elastizitätsgrenze, ohne jedoch die Bruchgrenze zu erreichen, so würde beziehungsweise eine Verlängerung oder Verkürzung jenes Stabs eintreten, welche nach dem Aufhören jener Kraft nur theilweise verschwinden, mithin eine dauernde Verlängerung zurücklassen würde. Diejenigen Werthe, welche man innerhalb der Elastizitätsgrenze unter den, im Nachfolgenden näher anzugebenden, Umständen für den Zug und den Druck eines Eisenstabs von bestimmtem Querschnitt noch zulassen darf, sollen später beziehungsweise mit s und p bezeichnet werden.



Innerhalb der Elastizitätsgrenzen können die Längenveränderungen des Stabs den darauf einwirkenden Zug- und

In der nachfolgenden Tabelle ¹⁴⁾ sind die Kräfte Z, D, z, d und E sowol für den Quadratcentimeter in Kilogramm, als für den preußischen Quadratzoll in Zollcentner, sowie die den Kräften z und d entsprechenden Längenveränderungen l_z und l_d der Längeneinheit für die beim Bau eiserner Brücken in Betracht kommenden Eisenmaterialien zusammengestellt.

Tabelle

über die Bruch- und Elastizitätsgrenzfestigkeit der beim Bau eiserner Brücken zur Verwendung kommenden Metallsorten gegen Zug und Druck.

Bei Verwendung der Metalle unter den günstigsten Umständen.											
z.Nr.	Sorten der Metalle.	Z		D	z		d	E		l_z	l_d
		Kg. p. □ct.	3C. p. □"		Kg. p. □ct.	3C. p. □"		Kg. p. □ct.	3C. p. □"		
1	Schmiedeeisen	4040	550	$\frac{4}{5} Z$	1614	220	z	2020000	276350	$\frac{1}{1250}$	l_z
2	Eisenblech	3630	500	—	1450	200	—	1800000	246240	$\frac{1}{2220}$	—
3	„ „ ⊥	3330	456	—	1250	170	—	1800000	246240	$\frac{1}{1440}$	—
4	Eisendraht	6460	880	—	2580	353	—	2200000	300960	$\frac{1}{843}$	—
5	Stahl	8000	1090	$\frac{7}{8} Z$	3000	410	z	2030000	277700	$\frac{1}{670}$	l_z
6	Gußstahl	10000	1370	—	5000	480	—	2000000	273600	$\frac{1}{400}$	—
7	Guß Eisen	1450	200	$5\frac{1}{2} Z$	650	90	3z	1010000	138200	$\frac{1}{1562}$	$3l_z$

In vorstehender Tabelle bezeichnet

Z das Gewicht, welches einen Stab vom Querschnitt = 1 zerreißt,

D = = = = = = = = 1 zerdriückt,

z = = = = = = = = 1 bis zur Elastizitätsgrenze ausdehnt,

d = = = = = = = = 1 bis zur Elastizitätsgrenze zusammendrückt,

E den Elastizitätsmodul oder das Gewicht, welches ein Stab vom Querschnitt = 1 um seine ursprüngliche Länge ausdehnen oder zusammendrücken würde,

$l_z = \frac{Z}{E}$ die Verlängerung des Stabs an der Elastizitätsgrenze,

$l_d = \frac{d}{E}$ die Verkürzung = = = = =

ferner bedeutet || parallel zur Faserrichtung und ⊥ senkrecht zu derselben.

und die ihnen entsprechenden Längenveränderungen

l_z			:	l_d		
Schmiedeeisen	Stahl	Gusseisen		Schmiedeeisen	Stahl	Gusseisen
1	: 1,85	: 0,8	:	1	: 1,85	: 2,4

Aus diesen, innerhalb der Elastizitätsgrenzen geltenden, Vergleichen ergeben sich für die Anwendung dieser Metallsorten zu dem Bau eiserner Brücken folgende Resultate:

1. Bei einer und derselben Kraft sind die Längenveränderungen bei Stahl ebenso groß und bei Gusseisen etwa doppelt so groß, wie bei Schmiedeeisen, weshalb unter übrigens gleichen Umständen Stahl und Schmiedeeisen die geringste Formveränderung erleiden.

2. Für Konstruktionstheile, bei welchen man vor Allem die geringste Formveränderung bezweckt, ist daher, von andern Bestimmungsgründen abgesehen, der Stahl dem Schmiedeeisen und Gusseisen; das Schmiedeeisen, selbst wenn jene Theile einem Druck ausgesetzt sind, dem Gusseisen vorzuziehen.

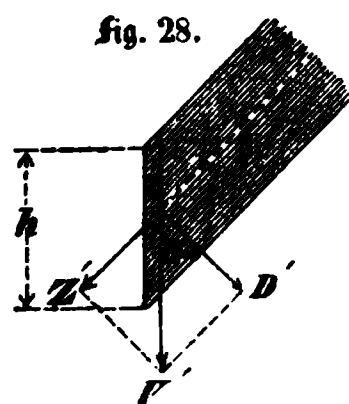
3. Den größten Spielraum innerhalb der Elastizitätsgrenzen für Zug und Druck gewährt der Stahl, das Schmiedeeisen gestattet für Zug einen größeren als das Gusseisen, das Gusseisen für Druck einen größeren als das Schmiedeeisen; Stahl hält den relativ größten Zug und Druck, Schmiedeeisen einen größeren Zug als Gusseisen und Gusseisen einen größeren Druck als Schmiedeeisen aus.

4. Bei, einem Zug ausgesetzten, Konstruktionstheilen ist daher der Stahl dem Schmiedeeisen und Gusseisen, und das Schmiedeeisen dem Gusseisen; bei, einem Druck ausgesetzten, Konstruktionstheilen ist wiederum der Stahl dem Schmiedeeisen und Gusseisen und, wenn man nur die Festigkeit im Auge hat, das Gusseisen dem Schmiedeeisen vorzuziehen.

Aus dem Vorstehenden erhellt die große Brauchbarkeit des Stahls zu Brückenkonstruktionen, wenn es sich darum handelt statisch hinreichend sichere Konstruktionen mit verhältnißmäßig geringem Gewicht herzustellen — ein Vortheil, welcher sich mit demjenigen der größeren Oekonomie in einem um so höheren Grade verbinden wird, je allgemeiner der vereinfachte Prozeß der Stahlbereitung durch das Bessmervverfahren zur Anwendung kommt — und erklärt sich ferner der Vorzug, welchen man, selbst bei gedrückten Konstruktionstheilen, dem Schmiedeeisen vor dem Gusseisen eingeräumt hat.

Werden nun die, unter den beim Bau eiserner Brücken wichtigsten Umständen zulässigen, Kräfte s , p und E für die angeführten Maße und Gewichte, sowie die den Kräften s und p entsprechenden Längenveränderungen zusammengestellt, so ergibt sich die nachfolgende zweite Tabelle ¹⁵⁾

dessen gewiß, daß derselbe von dem inneren Gefüge des Eisens, sowie von der Verschiebungsrichtung abhängt. Sehniges Eisen setzt einer verschiebenden Kraft in der Richtung seiner Fasern einen andern Widerstand entgegen, als einer Schubkraft senkrecht zu dieser Faserrichtung und es ist wahrscheinlich, daß der Verschiebungswiderstand gegen eine unter einem Winkel zu dieser Faserrichtung geneigte Scherkraft aus jenen beiden, parallel und senkrecht zu den Fasern wirkenden, Widerständen zusammengesetzt sei. Denkt man sich ein eisernes Prisma von der Höhe h , s. Fig. 28, und der Breite b unter dem Winkel α zu seiner Längsachse von der verschiebenden Kraft V' angegriffen und man zerlegt diese in die parallel und senkrecht zur Faserrichtung wirkenden Componenten Z' und D' , so ist, wenn Z die von der ersteren hervorgerufene Zugspannung, D die von der letzteren hervorgerufene Druckspannung der Flächeneinheit des Querschnitts an der Bruchgrenze bezeichnet,



$$Z' = Z b h \sin \alpha = V' \cos \alpha \text{ und hieraus } V' = Z b h \operatorname{tg} \alpha \quad (6)$$

$$D' = D b h \cos \alpha = V' \sin \alpha = V' = D b h \operatorname{cotg} \alpha \quad (7)$$

woraus durch Division:

$$Z \operatorname{tg} \alpha = D \operatorname{cotg} \alpha \text{ und hieraus } \operatorname{cotg} \alpha = \sqrt{\frac{Z}{D}} \quad (8)$$

daher, wenn der Werth von $\operatorname{cotg} \alpha$ in Gleichung (7) eingeführt und unter V die verschiebende Kraft für die Flächeneinheit des Querschnitts verstanden wird,

$$V' = V b h = b h \sqrt{Z D} \text{ woraus } V = \sqrt{Z D} \dots (9)$$

Der Verschiebungswiderstand des auf schräge Verschiebung angegriffenen Querschnitts eines Eisenstabs ist hiernach gleich dem geometrischen Mittel aus der Zug- und Druckfestigkeit desselben, alle Widerstände bezogen auf die Flächeneinheit; ein Werth, von welchem man in der Praxis nur einen gewissen nten Theil anzunehmen hat.

Setzt man die Werthe Z und D der Tabelle auf Seite 71 zu Grunde, so ergibt sich für den Quadratcentimeter in Kilogramm und den preussischen Quadrat Zoll in Zolcentner folgende

Tabelle

über die Verschiebungsfestigkeit ¹⁶⁾ eiserner Brückenkonstruktionstheile.

Nr. Eisenorten.	Z		D		$V = \sqrt{Z D}$		$\frac{V}{n}$ für $n = 6$	
	Kg. □ cm.	3 C. p. □ " Pr.	Kg. □ cm.	3 C. p. □ " Pr.	Kg. p. □ cm.	3 C. p. □ " Pr.	Kg. p. □ cm.	3 C. p. □ " Pr.
1 Schmiedeeisen	4040	550	3216	440	3596	492	599	82
2 Gußeisen	1450	200	7975	1100	3427	469	585	80

2. Verhalten des Eisens gegen die Einwirkungen der Wärme. Wird Eisen oder Stahl erwärmt, so verändern dieselben die Farbe, dehnen sich aus und ändern ihr Gefüge und ihre Festigkeit.

a) Veränderung der Farbe bei der Erwärmung. Das Schmiedeeisen ändert bei einer Erwärmung bis zu 210° C. seine Farbe nicht, während bei einer Steigerung der Wärme von 210 bis 370° ein Farbenwechsel und zwar in folgender bestimmter Reihenfolge stattfindet. 17)

- 210° C. strohgelb,
- 220° dunkelgelb,
- 256° karmoisin,
- 260° violett, purpur und dunkelblau, geht durch hellblau und meergrün, bis bei
- 370° die Farbe verschwindet. Bei
- 500° erweicht das Eisen und wird biegsam, bei
- 700° bis 1000° wird das Eisen dunkel- bis hellrothglühend und schmiedbar, bei
- 1300° weiß, während bei
- 1400° die Weißglühhitze oder Schweißhitze eintritt.

Von besonderem praktischen Werth ist dieser Farbenwechsel beim Anlassen des Stahls, indem man aus der Farbe auf seine Temperatur schließen kann, welche auf den bei Herstellung verschiedener Werkzeuge zur Metallbearbeitung u. erforderlichen Härtegrad des Stahls von großem Einfluß ist. Der Stahl wird bei

- 215° C. blaßgelb, bei
- 230° C. strohgelb und liefert Werkzeuge zu Metallarbeiten, bei
- 250° C. dunkelgelb = = = Holzarbeiten, bei
- 280° C. purpurroth, bei
- 290° C. dunkelblau = = Bohrer und feine Sägeblätter.

Bei grauem Roheisen treten bei etwas höherer Temperatur ähnliche Farbenwechsel ein, während bei weißem Roheisen Versuche hierüber fehlen.

b) Ausdehnung des Eisens durch die Wärme. Von großem Einfluß auf die Anordnung und Konstruktion, besonders weitgespannter eiserner Brückenträger ist die Längenveränderung des Eisens durch den Wechsel der Temperatur. Beobachtungen des letzteren ergeben folgende

Tafel der größten Temperaturdifferenzen. 18)

Baustelle in	Temperatur-Maximum.		Temperatur-Minimum.		Temperatur-Differenz.	
	C.	R.	C.	R.	C.	R.
Deutschl. (Berlin)	+ 50°	+ 40°	— 35°	— 28°	85°	68°
Frankreich (Paris)	+ 50°	+ 40°	— 24°	— 19°	74°	59°
England (London)	+ 48°	+ 38°	— 21°	— 17°	69°	55°

wobei die vorstehenden Temperaturmaximen in der Sonne durch Hinzufügung von ca. 10° R. zu den Temperaturmaximen im Schatten erhalten sind.

dieser Temperaturdifferenzen dehnt sich das Eisen proportional Erhöhung aus und betragen die

ausdehnungswerte des Eisens von $0-100^{\circ}$ F. ($0-80^{\circ}$ R.),
seine Länge bei $0^{\circ} = 1$ gesetzt.

1	Schmiedeeisen	$\frac{1}{800}$	0,00145
2	Stahl	$\frac{1}{748}$	0,00135
3	Gusseisen	$\frac{1}{760}$	0,00132

ß Gusseisen unter den genannten Materialsorten die geringste Ausdehnung und Stahl eine wesentlich geringere Ausdehnung als Schmiedeeisen bei der Temperatur erfährt.

Die Festigkeit und die Zähigkeit des Eisens durch die Einwirkungen der Bearbeitung des Eisens zu Baukonstruktionsteilen und technischen Zwecken überhaupt beruht auf den verschiedenen, gewissen Temperaturen, Zuständen seines Gefüges.

Das Roheisen schmilzt bei 1560° C. im Mittel, das weiße Roheisen bei etwa 1400° C. Diesem Umstande verdankt die Technik dem Roheisen die zu verschiedenen baulichen Zwecken erforderliche Form zu geben, worüber im dritten Kapitel das Rö-

schmelzpunkt des Schmiedeeisens liegt sehr hoch und ist nur andagegen zeigt es schon lange vor dem Schmelzpunkt eine Verfestigung, ohne flüssig zu werden, welcher Eigenschaft das Schmiedeeisen seiner Verarbeitung durch Schmieden, Walzen und Ziehen verdankt; nach dem Früheren, bei 1400° C. eintretenden Weißglühhitze des Eisensstücke schweißen, wie dies im dritten Kapitel ausführ-

Durch plötzliche Abkühlung des noch glühenden Stabeisens vermehrt, während man durch allmähliches Abkühlen seine Zähigkeit und Bruchfestigkeit vermindert.

Es steht hinsichtlich der Veränderungen seines Gefüges zwischen dem Schmiedeeisen, indem er bei einer Hitze von etwa 1800° C. in den Zustand des Gusses fähig ist, wie das Roheisen, während er bei niedrigeren Temperaturen sich schmieden und schweißen läßt, wie das Stabeisen. Durch das Abkühlen, z. B. durch Eintauchen in Wasser (Härtewasser), neben einer großen Sprödigkeit und Zerbrechlichkeit eine außerordentlich hohe Härte, worauf das „Härten“ des Stahls beruht. Durch stufenweises Abkühlen oder Nachlassen, nimmt die Härte und Sprödig-

feit des glas harten Stahls wieder allmählig ab und bis zum Glühen erhitzt, dann aber langsam erkaltet, wird derselbe wieder so weich, als er vor der Erhärtung war. Diesem Umstande verdankt man die Möglichkeit, den aus Stahl hergestellten Gegenständen den zu jedem besondern Zwecke erforderlichen Härtegrad zwischen seiner natürlichen Weichheit und der Glashärte zu geben.

3. Verhalten des Eisens gegen die Elektrizität. Das elektrische Verhalten des Eisens hat einen wesentlichen Einfluß auf die Oxydation desselben. Eisen nimmt die positive und der Sauerstoff der Luft die negative Elektrizität an. Wird durch das Hinzukommen eines andern Stoffs die positiv elektrische Spannung in dem Eisen erhöht, so vermehrt sich dessen Neigung zur Annahme des Sauerstoffs aus der Luft, während andere Stoffe auf Verminderung jener elektrischen Spannung und daher gegen das Rosten schützend wirken. Indem man diese Stoffe nach ihrem elektrischen Verhalten ordnet und hierbei dem Wasserstoff und Sauerstoff, als zur Aufnahme der positiven und beziehungsweise negativen Elektrizität vorzugsweise geeignet, die äußersten Stellen anweist, ergibt sich folgende

Elektrische Reihe der wichtigsten, mit dem Eisen in Berührung kommenden, Körper.

—	Kupfer,
Sauerstoff,	Blei,
Schwefel,	Zinn,
Kohle,	Eisen,
Platin,	Zink,
Gold,	Wasserstoff.
Silber,	+

Die vorstehende Reihe ist zugleich so geordnet, daß die elektrische Spannung bei Berührung je zweier aufgeführten Körper um so größer wird, je größer ihr Abstand in dieser Reihe ist, ein Umstand, welcher für gewisse Schutzmittel gegen die Oxydation eine besondere Bedeutung erlangt.

IV. Prüfung des zum Brückenbau verwendeten Eisens auf seine Eigenschaften.

Nach dem Früheren ist das zum Brückenbau verwendete Eisenmaterial entweder Schmiedeeisen, insbesondere sehniges Eisen und Feinkorn-eisen oder Stahl, insbesondere Buddelstahl und Gußstahl.

Als äußere Merkmale der guten Beschaffenheit dieser Materialsorten sind nachstehende zu bezeichnen:

1. Sehniges Eisen muß im Querbruch eine hellgraue Farbe und sehr matten Glanz, im Längsbruch einen silberfarbig hellen Glanz und feinen, glatten Faden,

verdeckte Schweißfehler sichtbar wurden. Von den zur Verwendung bestimmten Eisenblechen sind diejenigen auszuschließen, bei denen die durch Schmieden und Walzen nicht beseitigte Schlacke Blasen erzeugt hat, welche letztere entweder als Beulen erkannt oder von geübten Arbeitern durch Anklopfen der Bleche leicht aufgefunden werden. Zum Ausschusse gehören ferner Bleche mit Schweißnäthen, eine Folge schlechter Schweißung der Pakete, sowie Bleche mit unganzen Ranten, zumal wenn sie durch Nietlöcher noch geschwächt werden. Solche Bleche sind auch zum Durchlochen ungeeignet, da sich im Loche alsdann offene Fugen bilden, während bei guten zähen Blechen die Schnittfläche ein homogenes, glänzend weißes Ansehen hat. Auch Bleche von ungleicher Dicke, die nicht zwischen Härtewalzen, sondern auf ungleichmäßig abgenutzten, nicht nachgedrehten Weichwalzen hergestellt wurden, sind zum Brückenbau unbrauchbar.

Bei Prüfung der Bleche auf ihre Zähigkeit und von Phosphor oder Arsenitgehalt herrührende Kaltbrüchigkeit kann man verlangen, daß sich ein, in der Walzrichtung abgeschnittener, 6 — 10 Ctmr. breiter Streifen in kaltem Zustande bis zu einem Ring von 6 — 8 Ctmr. Durchmesser zusammenbiegen läßt, ohne Risse zu bekommen. Gute, von Schwefelgehalt und hierdurch bedingter Rothbrüchigkeit freie, Bleche müssen sich in warmem Zustande doppelt aufeinander biegen lassen, ohne aufzureißen, jedoch schadet den zum Brückenbau bestimmten Blechen, welche nicht stark gebogen oder umgefalzt werden, geringe Rothbrüchigkeit nichts. Ähnliche Proben müssen auch Flach-eisen und selbst Winkelseisen aushalten. Zu Brückenkonstruktionen bestimmter Stahl muß möglichst biegsam und zähe sein, also dem Schmiedeeisen näher stehen, als Werkzeugstahl, bei welchem es mehr auf Härte ankommt. Ein Zeichen seiner Brauchbarkeit zum Brückenbau ist, wenn er sich gut schweißen läßt. Durch die Verantwortlichkeit und Garantie, welche der Bauherr in der Regel den Uebernehmer und dieser das Eisenwerk übernehmen läßt, wird die Solidität der Ausführung wesentlich gefördert. Bei einem Bedarf großer Eisenquantitäten für wichtige Bauobjekte ist die Ueberwachung der Eisensabrikate auf dem Eisenwerk selbst zu empfehlen, wo man sich durch Biegen und Zerbrechen der Abfall-Enden von der Beschaffenheit des Eisens jederzeit überzeugen kann.

Die im Vorstehenden erwähnten und für die Sicherheit eiserner Brücken so wichtigen Proben werden mittels besonders getroffener Vorkehrungen oder eigens konstruirter Prüfungsmaschinen gewöhnlich auf den Eisenwerken selbst vorgenommen, und wenn deren Ergebnisse auch für das in jedem besonderen Falle zu prüfende Brückenmaterial hinreichen, so ist doch im Interesse einer umfassenderen und zuverlässigeren vergleichenden Materialkenntniß der Eisensorten der verschiedenen Eisenwerke zu bedauern, daß dieselben in Deutschland

span²⁰⁾ besteht. Von Wichtigkeit ist, daß dieser Anstrich auf die metallisch reine und nicht, wie es leider nicht selten bei den Trägern kleiner und größerer Eisenbahnbrücken geschieht, welche oft mehrere Wochen vor ihrer Aufstellung auf die Baustelle geliefert werden und dort bis zu ihrer Aufstellung und ihrem Anstrich der Einwirkung der Bodenfeuchtigkeit und der Atmosphärien ausgesetzt bleiben, auf die bereits oxydirte Eisenoberfläche aufgetragen wird. Da nämlich der Anstrich keine vollkommene Isolirung der bereits oxydirten Fläche von Luft und Wasser bewirkt, so schreitet der Oxydationsprozeß unter dem Anstrich, wenn auch langsamer, fort und bewirkt zuletzt durch die Ausbildung des leicht lösbaren und zerreiblichen Rosts eine stellenweise Ablösung und damit eine ungehinderte Einwirkung jener schädlichen Agentien des Anstrichs. Da sich nun eine metallisch reine Oberfläche des Eisens nicht lange erhalten läßt, so sucht man unmittelbar vor dem Anstrich den bereits gebildeten Eisenrost möglichst vollständig durch Abkratzen, Bürsten mittels geeigneter Drahtbürsten oder auch unter Anwendung von Säuren zu beseitigen. Besonders empfehlenswerth erscheint das von der Eisenbauanstalt von Clett und Cie. bei der Erbauung der Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz eingeschlagene Verfahren zur Konservirung ihrer Eisentheile²¹⁾, welche letztere nach deren Bearbeitung im warmen Zustande durch Beizen und Scheuern von dem daran haftenden Hammerschlag und Rost möglichst gereinigt, in Kaltwasser abgewaschen und noch naß in siedendes Del getaucht wurden. Durch die große, zwischen 200° und 300° C. liegende, Hitze des Dels wurde jede Spur von Feuchtigkeit entfernt und auf dem metallisch reinen Eisen eine sehr fest haftende Firnißschicht erzeugt, welche das Eisenwerk bis nach dessen weiterer Bearbeitung und Montirung schützte. Auf diese Schicht wurde alsdann der gewöhnliche Grundanstrich aus Eisenmennige aufgetragen.

Der Delfarbeanstrich der Brücken erfordert eine sorgfältige Unterhaltung. Bei der Britanniabrücke, an welcher reines Bleiweiß als Körper der Delfarbe in Anwendung kommt, nimmt man die Dauer eines solchen Anstrichs zu 5 Jahren an und hat eine Arbeiterkolonne organisirt, welche, ununterbrochen in Thätigkeit, in fünf Jahren den Anstrich der Brücke einmal erneuert und dann bei der zuerst in Angriff genommenen Stelle wieder anfängt.

Die unter Wasser bestimmten Eisentheile der Brückenpfeiler oder Brückenfundamente werden, wie dies bei dem Bau der Chelseabrücke in London und anderwärts geschehen ist, vor ihrer Verwendung erwärmt und mit heißem Theer überzogen.

Zweiter Abschnitt.

§ Hilfsmaterial beim Bau eiserner Brücken.

Verwendung und Arten des verwendeten Holzes.

beim Bau eiserner Brückenträger ausschließlich zur Herstellung verwendet. Bei Eisenbahnbrücken kommt das Längs- oder Querschwellen oder beiden zugleich, gewöhnlich von Bohlen und Saumschwellen, bei Straßenbrücken geringer Belag für die Bankette und als entweder doppelter Belag zur Aufnahme einer Beschotterung für die Fahrbahn zur hierzu gebrauchten Holzgattungen sind entweder die bekannten oder die im Bauwesen überhaupt verwendeten, gleichfalls benutzten, insbesondere Kiefern- und Fichtenholz.

Wichtigsten physikalischen Eigenschaften des Holzes.

A. Spezifisches Gewicht des Holzes.

Das Gewicht des Holzes hängt sowohl von der Holzgattung, auch vom Trocknungsgrad ab, worin es sich befindet, und der enthält an Pflanzensäften oder einer Durchnässung durch fließendes Regenwasser herrührt. Folgende Tabelle enthält die Gewichte der bezeichneten Holzarten in lufttrocknem und frischem Zustand.

		Gewicht von 1	
		Quadratmeter	Kubikfuß Pr.
		Kg.	in Pf.
Kiefer, lufttrocken	0,51	910	56,15
frischgefällt	1,06	1060	65,40
Eiche, lufttrocken	0,69	690	42,57
frischgefällt	0,89	890	54,91
Buche, lufttrocken	0,56	560	34,55
frischgefällt	0,92	920	56,76
Fichte, lufttrocken	0,55	550	33,94
frischgefällt	0,90	900	55,53
Alteiche, lufttrocken	0,46	460	28,38
frischgefällt	0,80	800	49,36

Bei Berechnung des Gewichts der Brückenfahrbahn ist das im Fall vollständiger Durchnässung eintretende größte spezifische Gewicht des Wassers zu Grunde zu legen, welches dem spezifischen Gewichte des Holzes sehr nahe kommt. Es ergibt sich hieraus annähernd die Regel, bei Berechnung des Gewichts hölzerner Brückentheile die letzteren als Wassermassen von dem gleichen Volumen zu betrachten.

B. Elastizität und Festigkeit des Holzes.

a) Die Elastizität und Festigkeit des Holzes gegen Zug und Druck. Behalten Z und D , z und d , l_z und l_d , sowie E die Seite 71 angegebene Bedeutung, so ergibt sich mit Berücksichtigung der dort gegebenen allgemeinen Auseinandersetzungen nachstehende

Tabelle

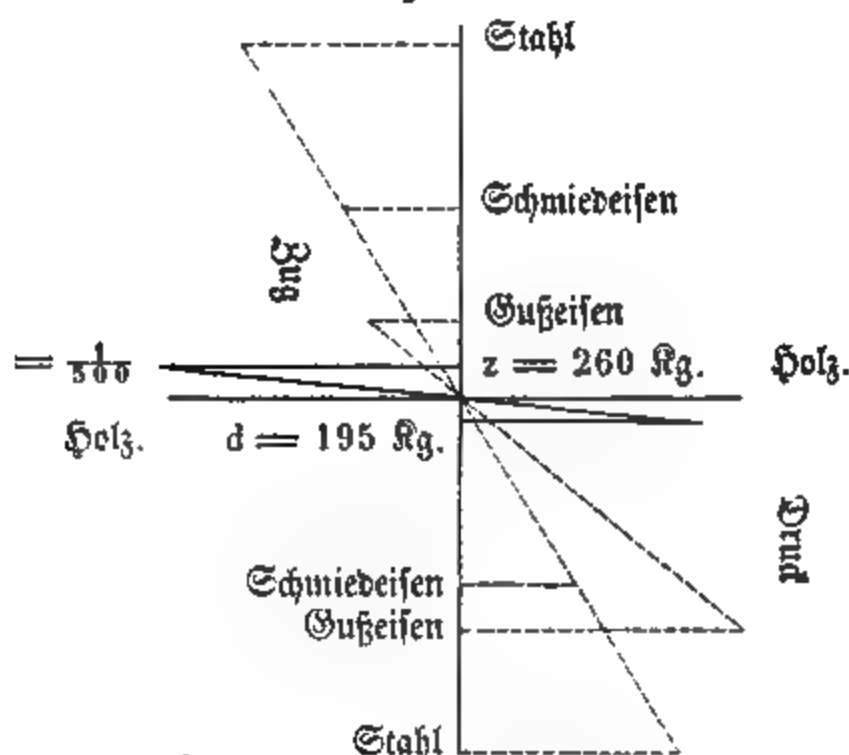
über die Bruch- und Elastizitätsgrenzfestigkeit der beim Bau eiserner Brücken zur Verwendung kommenden Holzarten gegen Zug und Druck.

Bei Verwendung der Hölzer unter den günstigsten Umständen.

Nr.	Gattungen der Hölzer.	Z		D	z		d	E			
		Rg. p. □ Ctm.	36. p. □ " Pr.		Rg. p. □ Ctm.	36. p. □ " Pr.		Rg. p. □ Ctm.	36. p. □ " Pr.	l_z	l_d
1	Eiche	810	111	$\frac{2}{3} Z$	260	35	$\frac{5}{6} z$	120000	16400	$\frac{1}{409}$	$\frac{5}{6} l_z$
2	Fichte	800	109	$\frac{1}{2} Z$	230	32	$\frac{3}{4} z$	120000	16400	$\frac{1}{336}$	$\frac{3}{4} l_z$
3	Kiefer	1050	144	$\frac{1}{2} Z$	290	40	$\frac{3}{4} z$	130000	17780	$\frac{1}{444}$	$\frac{3}{4} l_z$
4	Lärche	1130	155	$\frac{1}{2} Z$	320	44	$\frac{3}{4} z$	130000	17780	$\frac{1}{400}$	$\frac{3}{4} l_z$
5	Tanne	970	133	$\frac{1}{2} Z$	260	35	$\frac{3}{4} z$	130000	17780	$\frac{1}{300}$	$\frac{3}{4} l_z$

Vergleicht man die in dieser Tabelle zusammengestellten Werthe von z und d , so kann im Mittel $z = 260$ Rg. p. □ Ctm. und $d = 195$ Rg. p. □ Ctm. gesetzt werden; vergleicht man die ihnen entsprechenden Längenveränderungen l_z und l_d , so kann im Mittel $l_z = \frac{1}{300}$ und $l_d = \frac{1}{666}$ gesetzt werden. Legt man diese Werthe zu Grunde, so ergibt sich die umstehende graphische Darstellung, s. Fig. 29, worin die lothrechten Abmessungen (Ordinaten) die einwirkenden Kräfte für den Quadratcentimeter in Kilogramm von 0 bis zur Elastizitätsgrenze, die wagrechten Abmessungen (Abscissen) die denselben entsprechenden Längenveränderungen vorstellen. Um diese, dem Holz entsprechenden, Werthe besser mit den analogen, dem Schmiedeeisen, Gußeisen und Stahl entsprechenden, Werthen vergleichen zu können, so sind letztere aus Fig. 26 entnommen und hier als punktirte Linien beigelegt.

fig. 29.



nun ferner mit Hinweis auf die Bezeichnungen der Seite 74 die im Bau eiserner Brücken wichtigsten Umständen zulässigen Kräfte α die angeführten Maße und Gewichte, sowie die den Kräften rechnenden Längenveränderungen l_s und l_p zusammengestellt, so folgende zweite

Tabelle

zum Bau eiserner Brücken unter nachstehenden Umständen zur Verwendung kommenden Holzarten gegen Zug und Druck.

g der Hölzer unter größtentheils konstanter Kräfteeinwirkung und unter dem gewöhnlichen Einfluß der Atmosphären.

Mäßige Erschütterungen.											
re. Möglichst lange Dauer.											
p.	l_s	l_p	s				P	E			
			kg	p.	kg	p.		kg	p.	kg	p.
			□ cm.	□ 3.				□ cm.	□ 3.		
160	22	$\frac{3}{4}$ s	120000	16400	$\frac{1}{8}$ s	80	11	$\frac{3}{4}$ s	113000	15400	$\frac{1}{8}$ s
160	22	$\frac{3}{4}$ s	120000	16400	$\frac{1}{8}$ s	80	11	$\frac{3}{4}$ s	113000	15400	$\frac{1}{8}$ s
210	29	$\frac{3}{4}$ s	130000	17780	$\frac{1}{8}$ s	105	14	$\frac{3}{4}$ s	120000	16400	$\frac{1}{8}$ s
230	32	$\frac{3}{4}$ s	130000	17780	$\frac{1}{8}$ s	113	15	$\frac{3}{4}$ s	120000	16400	$\frac{1}{8}$ s
190	26	$\frac{3}{4}$ s	130000	17780	$\frac{1}{8}$ s	100	14	$\frac{3}{4}$ s	120000	16400	$\frac{1}{8}$ s

b) Festigkeit des Holzes gegen Verschiebung (Schubfestigkeit, Absehrungsfestigkeit. Bei dem Holze, welches von ausgeprägt faseriger Struktur ist, beträgt die Verschiebungsfestigkeit parallel oder normal zur Faserrichtung V' etwa 58 Kg. p. □Cm. oder 8 ZC. p. □" Pr.

Behalten nun Z , D und n die auf Seite 75 angegebene Bedeutung, und läßt man die dort entwickelte Theorie der Festigkeit gegen eine, unter einem Winkel zur Faserrichtung wirkende, Schubkraft gelten, so ergibt sich die aus den Festigkeiten Z und V' zusammengesetzte Verschiebungsfestigkeit

$$V_z = \sqrt{ZV'}$$

und die aus den Festigkeiten D und V' zusammengesetzte Verschiebungsfestigkeit

$$V_d = \sqrt{DV'}$$

von welchen beiden Festigkeiten in der Praxis wiederum ein n^{ter} Theil zu nehmen ist. Mit Zugrundlegung der Zahlenwerthe ergibt sich für sie nachstehende

Tabelle

über die Verschiebungsfestigkeit der Hölzer.

Z		V'		$V_z = \sqrt{ZV'}$		$\frac{V_z}{n}$ für $n = 10$.	
Kg. p. □Cm.	ZC. p. □"	Kg. p. □Cm.	ZC. p. □"	Kg. p. □Cm.	ZC. p. □"	Kg. p. □Cm.	ZC. p. □"
965	132	58	8	238	32,5	23,8	3,25

D		V'		$V_d = \sqrt{DV'}$		$\frac{V_d}{n}$ für $n = 10$	
Kg. p. □Cm.	ZC. p. □"	Kg. p. □Cm.	ZC. p. □"	Kg. p. □Cm.	ZC. p. □"	Kg. p. □Cm.	ZC. p. □"
534	73	58	8	177	24,2	17,7	2,42

C. Dauer der Hölzer und Mittel, ihre Dauer zu verlängern.

Bekanntlich unterliegen gefällte Hölzer, welche in erhöhter Temperatur über 0° der gleichzeitigen Einwirkung von Wasser und atmosphärischer Luft ausgesetzt werden, einem allmählig fortschreitenden Zerstörungsprozesse: der Fäulniß, welche in einer Zersetzung der Holzfasern durch die Saftbestandtheile des Holzes besteht. Man wirkt daher der Fäulniß des Holzes entgegen, oder verlängert dessen Dauer, indem man seinen Wassergehalt beseitigt, den Zutritt der atmosphärischen Luft abschneidet oder beschränkt und die zur Gährung geneigten Saftbestandtheile des Holzes beseitigt. Man erreicht dies durch:

- 1) Austrocknen des Holzes auf natürlichem oder künstlichem Wege,
- 2) Anstreichen oder Unterwasserlegen des Holzes und
- 3) Auslaugen oder Imprägniren des Holzes.

Bei Behandlung der, zu den Fahrbahntheilen eiserner Brücken bestimmten, Hölzer bedient man sich gewöhnlich der beiden ersten Mittel, indem man nur lufttrockne Balken oder Bohlen verwendet und diese mit einem gut zu un-

Dritter Abschnitt.

Der Stein als Hilfsmaterial beim Bau eiserner Brücken.

I. Art der Verwendung und Arten des verwendeten Steins.

Der Stein wird beim Bau eiserner Brücken zur Herstellung von Zwischengewölben zwischen eisernen Trägern, als Unterstützung der Fahrbahn besonders von Straßenbrücken, hauptsächlich aber zur Aufführung der End- oder Zwischenpfeiler verwendet. Wählt man hierzu natürliche oder künstliche Steine, so ist in beiden Fällen nur festes, dauerhaftes Material, also druckfeste, frostbeständige Hau- oder Bruchsteine und hartgebrannte Backsteine oder Ziegel zulässig.

II. Die wichtigsten physikalischen Eigenschaften des Steins.

a) **Spezifisches Gewicht der Steine.** Die Kenntniß der Eigenschaften der Steine ist sowol hinsichtlich ihrer Verwendung, als auch zur statisch-numerischen Berechnung der Abmessungen der Konstruktionstheile erforderlich. Steine von großer Eigenschwere schätzt man bei Fundament- und Pfeiler-Bauten, solche von geringer Eigenschwere bei den angeführten Fahrbahngewölben. Sowol die spezifischen Gewichte der hauptsächlichsten Bausteine, bezogen auf das Wasser als Gewichtseinheit, als auch die Gewichte derselben für den Kubikmeter in Kilogramm und für den preussischen Kubikfuß in Zoltpfund enthält die folgende

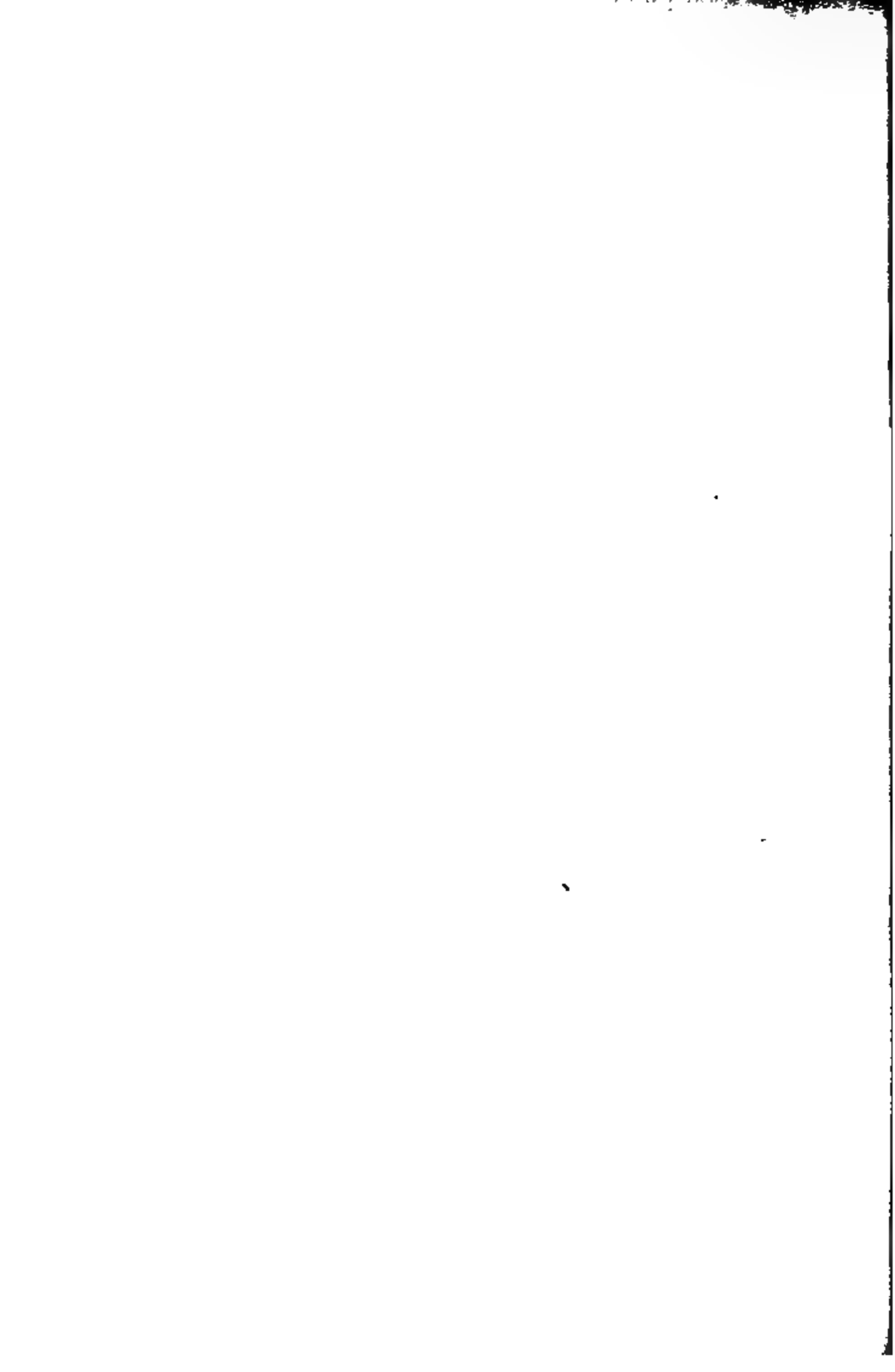
Tabelle

der Eigenschwere verschiedener Bausteine.

Nr. 1	Bezeichnung der Bausteine.	S D	Gewicht v. 1		Nr. 2	Bezeichnung der Bausteine.	S D	Gewicht v. 1	
			Kbm. in Kg.	Kubikfuß in Zpfd.				Kbm. in Kg.	Kubikfuß in Zpfd.
1	Basalt (sehr dicht)	3,02	3020	186,33	10	Kiesel	2,53	2530	156,10
2	" (gewöhnlich)	2,66	2660	164,12	11	Thonschiefer	2,85	2850	175,84
3	Porphyr	2,83	2830	174,61	12	Glimmerschiefer	2,45	2450	151,16
4	Granit	2,80	2800	172,76	13	Kalkstein (dichter)	2,45	2450	151,16
5	Dolomit	2,76	2760	170,29	14	Sandstein (sehr hart)	2,50	2500	154,25
6	Marmor	2,73	2730	168,44	15	" (gewöhnlich)	2,35	2350	144,99
7	Quarz	2,62	2620	161,65	16	Ziegel (festgebrannt)	2,17	2170	133,89
8	Lava (Vesuv)	2,60	2600	160,42	17	" (gewöhnlich)	1,41	1810	112,68
9	Gneiß	2,55	2550	157,33	18	Tuff	1,35	1350	83,29

Zweite Abtheilung.

Geschichte und Darstellung der eisernen Br



Entstehung der eisernen Brücken

und

Werth ihrer Geschichte.

Während sich der Bau der Stein- und Holzbrücken bis in die Zeit verfolgen läßt, bilden die eisernen Brücken ein Erzeugniß und neuester Zeit. Die ersten Ausführungen in dem neuen, wegen seiner Festigkeit vielversprechenden, Material lehnten sich naturgemäß kannten und bewährten Konstruktionen an. Die Steingewölbe gab es als Vorbilder der eisernen Bogenbrücken, die hölzernen Tramenbrücken als Punkte für die eisernen Balkenbrücken, die Seilbrücken die Vorbilder der eisernen Hängbrücken. Aber das Bedürfniß der Zeit nach Herstellung besserer und zahlreicherer Verkehrswege, insbesondere Eisenbahnen und der hierbei aufgetretenen Nothwendigkeit der Ueberspannung großer Oeffnungen, trieb die technische Ausbildung der eisernen Brücken vorwärts, und wir stehen nach einer nunmehr kaum 70jährigen Periode vor einer gewaltigen Reihe der verschiedenartigsten Konstruktionen eiserner Brücken, welche an Kühnheit des Entwurfs und Sicherheit der Berechnung zum großen Theil alle früheren Brückenbauten weit übertrifft. Abweichend von den Brückenkonstruktionen in Stein und Holz, zeigt die Baugeschichte der eisernen Brücken im Ganzen zugleich die Geschichte ihres technischen Fortschritts dar. Das Studium dieser Geschichte scheint daher im Ganzen als das Studium der Fortschritte, welche der Bau eiserner Brücken gemacht hat, und unterstützt somit die Kritik, welche Theorie und Praxis fortwährend an den Konstruktionen derselben, besonders in technischer und ökonomischer Beziehung üben. In den nachfolgenden soll daher deren technische Beschreibung mit der Betrachtung ihrer historischen Entwicklung verbunden werden, wobei wir die Träger und Fundamente der eisernen Brücken unterscheiden.

in Eisen ausgeführte Brücke zu sein. Jeder ihrer fünf, 1,49 Meter von Mittel zu Mittel entfernten, Träger ist aus drei konzentrischen, durch Radialsprossen a mittels Bolzen unter sich verbundenen Bogen b gebildet. Der innere derselben bestand nur aus zwei, im Scheitel c des Bogens zusammengesetzten, Stücken, deren Guß nur an einem Orte möglich war, der wie Coalbrookdale mitten unter großen Eisenschmelzen liegt, wo der Guß unter genauer Aufsicht und mit Auswahl des besten Materials geschehen konnte. Die Bogen ruhten auf 40 Ctm. dicken gußeisernen, durch Mauerwerk unterstützten, Platten d, welche außerdem senkrechte, durch Querstangen verbundene, Stützen e aufnahmen, durch welche die beiden äußeren Bogen gingen und zugleich versteift wurden. Die auf diesen Stützen und Bogen ruhende Fahrbahn f bestand aus gußeisernen Platten, worüber eine Decklage aus Thon und Kohlschlacken ausgebreitet war. Wahrscheinlich infolge einer mangelhaften Gründung und einer für den Erddruck zu geringen Stärke der Widerlager entstanden, vorzugsweise auf dem rechten Flußufer, Sprünge in den letzteren, welche auch den Bruch einiger Eisentheile zur Folge hatten. Im Uebrigen hielt sich die Brücke gut und zeigte besseren Bestand, als die bald darauf nach demselben Muster zu Stramford in Worcestershire aufgestellte von 18,3 Meter Spannweite, welche vermuthlich wegen der schlechteren Beschaffenheit des Eisens schon bei der Ausrüstung zusammenbrach.

Die zweite eiserne Brücke von Dauer baute Telford im Jahre 1795 ebenfalls über die Saverne zu Buildwas²³⁾, unweit Coalbrookdale, mit 39,65 Meter Spannweite und 8,23 Meter Bogenhöhe, deren Stirnrippen sich über die Brückenbahn erhoben, um dieser eine niedrigere Lage geben zu können, und ein Häng- und Sprengwerk bildeten.

Die Schwierigkeit, große Bogenstücke fehlerfrei zu gießen, hatte den Engländer Paine auf den Gedanken gebracht, aus kleineren gußeisernen Rahmen hohle Wölbstücke zusammenzusetzen und aus diesen ein Gewölbe zu bilden. Der bereits im Jahre 1790 von ihm angestellte Versuch mit einer, aus solchen Wölbstücken zusam-

Fig. 31. Gußeiserne Brücke über den Wear bei Sunderland.

men-
engesetzten, gußei-
sernen Rippe ge-
lang und veranlaßte
Rowland Bur-
don in den Jahren
1793 — 1796 zu
Wearmouth bei
Sunderland über

den Wear²⁴⁾ eine gußeiserne Brücke, s. Fig. 31, mit einem Bogen von 71,91 Meter Spannweite bei 10,36 Meter Bogenhöhe nach dem System

Payne's und Zeichnungen des Ingenieur Wilson ausführen zu lassen. Die Wölbstücke a, s. Fig. 32, dieser kühnen Brücke wurden von dem Eisenwerke der

Walker in Rotherham geliefert, welche auch Payne's

ten, und sind durch je drei doppelten b zu je einer Tragrippe versehen an der Zahl, sind wieder unter sich verbunden und nehmen direkt über den Bogenschenkeln, eiserner Füllungen d, die aus Lage bedeckte, Fahrbahn e auf.

Ausführung eingetretenen, Abne hielt sich die Brücke gut; ein 102 beim Bau einer zweiten, ähn-

lichen Brücke über die Themse zu Stains²⁵⁾,

s. Fig. 33, 17 Meilen von London, mit einem Bogen von 54,85 Meter Spannweite und 4,88 Meter Bogenhöhe verbesserte. Sie be-

1,88 Meter von Mittel zu Mittel zusammengefügten, Bogen. Diese sind mit Zapfenlöchern a versehen, gelassen und mittels zweier schmiedehalten ist; eine Verbindungsweise, ausführen und dauerhafter ist, als, dagegen die Herausnahme einzelner Parapeten nur schwierig gestattet.

Verbindungsstelle der Wölbstücke Bogensfelder sind durch gußeiserne gußeiserne, durch kreissegmentförmige Fahrbahn e bestimmte, Platten 18 aus dem Jahre 1819 über die e nach mehreren fruchtlosen Ver-

geplante Telford im Jahre 1801 Bogen von 183 Meter Spannweite höchsten Wasserstand der Themse wachsende Vertrauen auf eiserne wahrscheinlich wegen der von den

niedrigen Ufern aus alsdann erforderlichen zu steilen Auf-
fahrten, unterblieb

Im Jahre 1797 nahm
Jean Nash zu London ein
Patent auf eine neue Kon-
struktionsart gußeiserner Bo-
genbrücken, wonach jede Bo-
genrippe aus größeren Guß-
platten besteht und deren
Verbindung durch Flanschen
und Bolzen bewirkt werden
sollte. Die beiden Brücken
von beiläufig 10 Mtr. Spann-
weite, welche der Kaiser von
Rußland um diese Zeit über
einen der Kanäle von St.
Petersburg schlagen ließ,
waren bereits nach diesem Sy-
steme konstruirt, das sich nach
und nach Anhänger unter
den Ingenieuren gewann und
in den Jahren 1814—1819
von Rennie auch bei dem
Bau der Southwarkbrücke
über die Themse zu Lon-
don²⁶⁾, s. Fig. 35 bis 37,
angewandt wurde. Von den
drei Bogenöffnungen dieser
Musterbrücke für die meisten
späteren gußeisernen Brücken
Englands besitzt die mittlere
72,96 Mtr. (240' e.) Spann-
weite bei 7,29 Meter (24' e.)
Pfeilhöhe, jede der beiden
Seitenöffnungen 63,81 Mtr.
(210' e.) Spannweite bei
6,38 Mtr. (25' e.) Pfeilhöhe.
Jede der acht Bogenrippen a
einer Oeffnung stützt sich mit
ihren Enden auf eine guß-

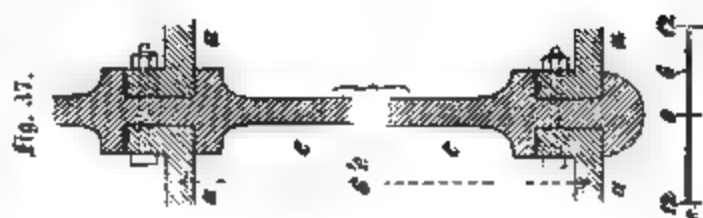


Fig. 35.

Unter die neuesten gußeisernen Bogenbrücken gehört die mit eiserner brücke verbundene Rochesterbrücke³⁰⁾ mit einer mittleren Oeffnung von 170' englisch und zwei Seitenöffnungen von 42,67 Meter (englisch) Spannweite, s. Fig. 38 bis 40. Die 7, im Querschnitt doppelten, Segmentplatten je einer der 8 Tragrippen sind mittels an Flanschen, s. Fig. 39, und je 4 Bolzen unter sich verbunden und darauf ruhenden durchbrochenen Bogenschenkelfüllungen verschraubt. Querverbindung der Segmentbogen ist durch gußeiserne Stemmre Andreauskreuze, s. Fig. 40, bewirkt. Ueber den Bogenrippen liegen, Stützrippen versehen, unter sich seitlich verschraubte, Fußplatten, Klotzpflaster der Fahrbahn, sowie die auf Längsschwellen liegenden Trottoirs aufnehmen.

2. Die gußeisernen Bogensprengwerkbrücken Deutschlands.

Die erste gußeiserne Brücke in Deutschland war diejenige, welche Graf Burggraf von Eisenwerken zu Malapana in Schlessien gießen und im Jahre 1791 zu Laasan³¹⁾ in Niederschlessien über das Strigauer Wasser erbaut.

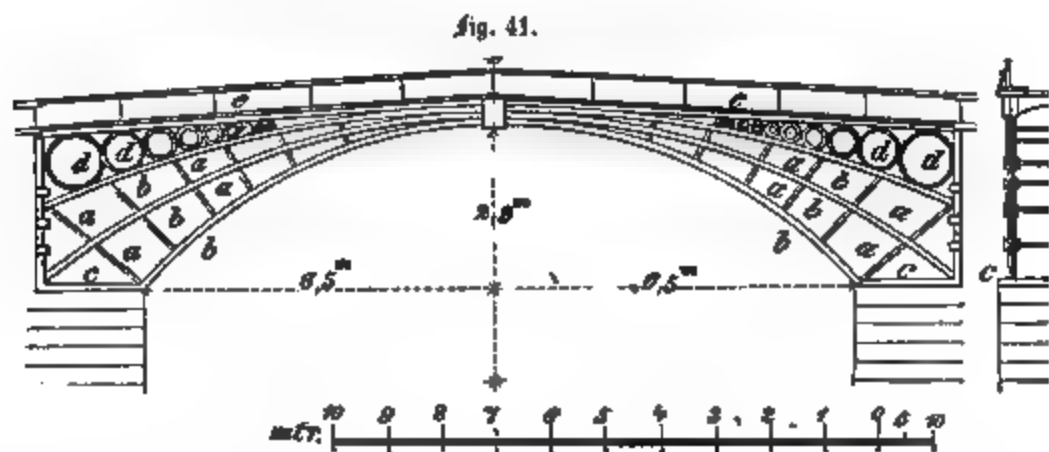


Fig. 41 und 42. Gußeiserne Brücke über das Strigauer Wasser zu Laasan.

Sie ist 6 Meter breit, hat 13 Meter Spannweite bei nahezu 2,9 Meter Brückenhöhe und besteht, wie der in den Fig. 41 und 42 dargestellte halbe Querschnitt derselben zeigt, aus 5 gußeisernen, durch Querstangen sich vereinigten Tragrippen, mit je 3 unkonzentrischen, durch Radialbolzen unter sich verbundenen Bogen b, die auf einer gleichfalls gußeisernen Platte c ruhen. Die Bogenschenkel sind mit gußeisernen Ringen d umgeben und nehmen die gußeisernen Platten e auf, welche die Fahrbahn bilden.

Nach dem System der Laasan-Brücke wurde in den Jahren 1823 die Friedrichsbrücke in Berlin³²⁾ mit 7 Oeffnungen bis zu 6,33 Meter Spannweite bei 1.61 Meter Brückenhöhe erbaut, die Rippen einer Oeffnung aus je zwei Theilen bestehen, die im Scheitel

eine zusammengesetzte Schlußplatte stoßen und mit ihren Enden auf gußeisernen Sohlplatten ruhen. Quer über den Rippen liegen dicke gußeiserne Deckplatten mit schmiedeeisernen Versteifungskreuzen, welche die gepflasterte Fahrbahn und die steinernen Trottoirs aufnehmen. Von ganz ähnlicher Konstruktion ist die um dieselbe Zeit ausgeführte Weidendammer Brücke zu Berlin³³⁾ mit 5 Oeffnungen, von denen die mittlere 8,32 Meter (26' 5") weit und als Durchfahrtsöffnung mit Zugklappen versehen ist, während die übrigen eine lichte Weite von 9,1 Meter (25' 8") besitzen. Die gußeisernen Bogenrippen dieser Brücke ruhen mittels eiserner Sohlplatten auf eisernen Pfeilern, die wieder von einem unter dem niedrigsten Wasserstande liegenden eisernen Koste getragen werden. Die Bogenrippen, an welche Zapfen mit Löchern angegossen sind, die in entsprechende Oeffnungen der Sohlplatte passen, sind mittels eiserner Keile an diese letzteren befestigt, während sie im Scheitel stumpf zusammenstoßen und durch gußeiserne Queranfer untereinander verbunden sind. Auf den Bogenrippen liegen eiserne Deckplatten, welche die gepflasterte Fahrbahn und die mit Granitplatten belegten Trottoirs unterstützen.

Gleichzeitig mit der Berliner Friedrichsbrücke begann der Bau der 195,816 Meter langen Brücke über die Havel bei Potsdam³⁴⁾ mit 8 Oeffnungen, gußeisernen, auf Steinpfeilern ruhenden Bogen von 18,72 Meter Spannweite bei 1,56 Meter Pfeilhöhe und einer Durchlaßöffnung für Schiffe von 9,55 Meter, nach dem Entwurfe von Günt her und Becker. Jede der 7 Rippen, welche die 9,36 Meter breite Brückenbahn einer Oeffnung tragen, ist aus 3 gleichlangen, mit Flanschen versehenen Stücken, zusammengesetzt, die durch Bolzen verbunden sind. Auf den Steinpfeilern, welche nur bis an die Bogenanfänge reichen, ruhen geneigte Auflagerplatten mit lothrechter Widerlagsplatte aus Gußeisen, gegen welche sich die Tragrippen stemmen. Sämmtliche Rippen je einer Oeffnung sind durch vier Queranfer mit drei Versteifungskreuzen unverschieblich verbunden und nehmen gußeiserne Unterlagsplatten für die Fahrbahn und Trottoirs auf.

Im Jahre 1792 hatte Reichenbach von München zu Berg ham in England einen 30 Meter hohen Dreifuß aus aneinander geschraubten Röhren gesehen und kam auf den Gedanken, diese Verbindung auf den Bau eiserner Brücken anzuwenden. Seine im Jahre 1809 vollendete und 1811 veröffentlichte Theorie gußeiserner Röhrenbrücken legte sein System dar, wonach Bogenrippen aus Röhren von kreisförmigem Querschnitt zusammengesetzt und diese durch Flanschen und Bolzen miteinander verbunden werden sollten. Die Verbindung der Fahrbahn mit den Röhren sollte in radialer Richtung entweder wieder durch Röhren mittels Flanschen oder durch gußeiserne gabelförmige Stücke hergestellt werden.

Eine der ersten, nach diesem System ausgeführten, Brücken war die im

men, mit welchen die untersten Röhrenstücke verschraubt sind. Der äußere Durchmesser der Röhren beträgt 21 Ctm. (8"), deren Wandstärke 2,5 Ctm. Durchmesser der ebenso starken Flanschen h 36,5 Ctm. (14"). Die 2 Ctm. (16") breiten, 2,5 Ctm. (1") starken, mit Verstärkungsriemen, Belagplatten d werden von den schmiedeeisernen Balken g in der Mitte unmittelbar, nach den Enden hin aber mittels der gußeisernen Stützen e auf den Bogen ruhen. Mittels der in Fig. 43, und der im Querschnitt, Fig. 45, dargestellten schmiedeeisernen Strebenebenflächen o und Querriegel d und d' sind die Stützen und zungen unverschieblich miteinander verbunden. Die Figuren 46 und 47 die Querverbindungen in größerem Maßstabe dar, während die perspektivische Ansicht der Stützen e und e' enthält. Das Geländer besteht aus Seitenplatten, welche die von Lehm und Kies gefertigte Fahrbahn halten, und zwar sind die hohl gegossenen Geländersäulen an jeder Seite mit zwei Schrauben auf die Belagplatten festgeschraubt und durch Zwingen werden sie, sammt den auf der Stirn der Belagplatten angebrachten Verankerungsplatten, durch Zwingen festgehalten, wie aus dem Grundriß Fig. 4, und aus deren perspektivischer Ansicht in Fig. 48 deutlich hervorgeht. Die Aufstellung erfolgte mittels eines einfachen Bodengerüsts, wobei die Säulen genau nach den Radien des Bogens abgedrehten Scheitels zusammengefügt wurden. Trotzdem erfolgte eine Senkung von 1 Ctm. (1 1/2") im Scheitel, welche zwar den Bestand der Brücke nicht gefährdete, aber die Einsenkung von 0,625 bis 2,5 Ctm. (1/4 bis 1") starke Bogenmitte hin zunehmenden Bleiplatten zwischen die Röhrenflansche bis zu einer Ueberhöhung der Fahrbahn von 6,5 Ctm. (2 1/2") voraufrückte, worauf abermals eine Senkung im Scheitel von 2,5 Ctm. (1") doch später unter einer Belastung von circa 30 Centner schweren Lasten nicht mehr zunahm.

Bei größeren Spannweiten wollte Reichenbach zwei konzentrische, durch Röhrenstücke untereinander verbundene, Röhrenbogen anwenden. Die Reichenbach'schen Röhrenbogen wurden von Hoffmann und Schuch auch oberhalb der Fahrbahn, d. h. zu Hängwerken benutzt, auf diese Weise im Jahre 1837 die eiserne Cylinderbogenhängebrücke bei den Hirtensbädern nächst Mehadia in Ungarn³⁶⁾ Die hölzerne Fahrbahn dieser Brücke wird von je zwei zur Seite unter sich verbundenen, Röhrenbogen getragen, deren Seitenwände ebenso viele Spannfetten als Bogensehnens aufgehoben wird. Die eiserne Hängstangen und Diagonalstäbe ist eine Versteifung dieser Brücke, während die Fahrbahn durch schmiedeeiserne Diagonalstäbe und Querkreuzen ebenfalls gegen seitliche Verschiebung gesichert ist.

Soviel sich auch die Erbauer von diesem System versprochen, so haben sich doch weder die genannte Brücke, welche gestützt werden mußte, noch die nach derselben erbauten Brücken bei Lugo⁸ und Karansebes³⁷⁾ konstruktiv bewährt, von welchen die letztere im Jahre 1843 durch ein Hochwasser wieder zerstört wurde.

Die Nachtheile der Reichenbach'schen Röhrenbogen, welche darin bestehen, daß sie zu wenig Stabilität und zu viele Stoßfugen haben, sowie daß durch das Anziehen der Flanschen der Schrauben eine ungleichförmige Spannung entsteht, deren Regulirung vor und nach der Ausrüstung nicht möglich ist, haben deren weitere Anwendung und Ausbreitung verhindert.

Der schon im Jahre 1811 von Wiebeking gemachte Vorschlag, zur Herstellung von Röhrenbogenbrücken längere Röhrenstücke mit schräg abgeschnittenen Enden und kurzen darüber geschobenen Hülßen statt der kürzeren Röhren mit Flanschen und Bolzen anzuwenden, hatte keinen praktischen Erfolg, dagegen gelang es dem französischen Ingenieur Polonceau, ein verbessertes System der Röhrenbrücken in Ausführung zu bringen, welches unter den gußeisernen Bogenbrücken Frankreichs betrachtet werden wird.

Das System der obenerwähnten, im Jahre 1825 vollendeten, Potsdamer Havelbrücke fand später in vervollkommneter Gestalt Anwendung bei Eisenbahnbrücken, unter welchen wir die in den Jahren 1843 bis 1845 erbaute zweigleisige gußeiserne Brücke der badischen Eisenbahn über die Kinzig bei Offenburg³⁸⁾, s. Fig. 49 bis 56, mit 5 Bogen von je 12,66 Meter Spannweite und 0,12 Meter Pfeilhöhe hervorheben, die im Jahre 1851, jedoch lediglich infolge der Unterwaschung ihrer Fundamente, einstürzte. Die Brückenbahn eines jeden Feldes wurde von sechs gußeisernen, aus je drei Stücken *b*, *b'*, *c*, Fig. 49, zusammengesetzten, Rippen getragen, wovon vier direkt unter den Schienensträngen, zwei am äußern Rand der Bankette angebracht waren und mittels gußeiserner Schuhe *a*, s. Fig. 49 und 54, auf den Widerlagern ruhten. Jene Bogenstücke waren mittels Flanschen und Bolzen *d* und *e* sowol unter sich als mit dem Widerlager verbunden. Die Querverbindung der Tragrippen einer Oeffnung bestand aus zwölf, mittels Muffen und Keilen *k*, s. Fig. 53, regulirbaren, Querbolzen *i*, durch welche zugleich, ebenfalls wieder mittels Keilen, der Abstand der Bogenrippen fixirt wurde. Die Fahrbahn selbst bestand aus Längsschwellen *f*, welche an die Tragrippen festgeschraubt waren und die Schienen sowie die Geländer unterstützten, ferner aus dazwischen gelegten Querschwellen *g*, welche einen Belag *h* von Längsbohlen aufnahmen. Die gußeisernen Geländer waren mittels Flanschen und Bolzen auf die äußeren Längsschwellen befestigt, wie aus Fig. 55 und 56 deutlich hervorgeht. Die Ränder der Fahrbahn wurden von Querbalken aus Eichenholz unterstützt, welche mit einem Gesimse versehen, an der Oberfläche mit Eisenblech beschlagen und in geeigneten Abständen mit den Seitenrippen verbolzt waren.

3. Die gußeisernen Bogensprengwerkbrücken Frankreichs. Die Ausführung der ersten eisernen Brücke in England hatte auch französische Ingenieure, wie Callape, Guyton und Macle zu theilweise kühnen Entwürfen schmiedeeiserner Brücken veranlaßt.

Die erste eiserne Brücke, welche in Frankreich zur Ausführung kam, bestand jedoch aus Gußeisen und ist die von Gessart entworfene und von Dillon mit einigen Abänderungen bis zum Jahre 1803 vollständig ausgeführte, nur für Fußgänger bestimmte, Louvrebrücke über die Seine in Paris³⁹⁾, gegenwärtig wegen der im Louvre aufbewahrten Kunstschätze pont des arts genannt, mit neun Oeffnungen von 17,34 Meter Spannweite, s. Fig. 57 und 58.



Fig. 57 und 58. Louvrebrücke über die Seine in Paris.

Jede Oeffnung enthält 5 Rippen, wovon jede eine Kurve von 18,52 Meter Spannweite und 3,25 Meter Pfeilhöhe bildet und aus je zwei Segmenten a besteht, die sich im Scheitel gegen eine gemeinsame Schlußplatte b, mit dem Fuße gegen gußeiserne, in die Pfeiler und Widerlager eingelassene, Sattelstücke c stemmen. Schwächere, theils bogenförmige, theils gerade Stücke d, e dienen zur Verstärkung der Hauptbogen in den Bogenschenkeln, und gußeiserne Querverbindungen vereinigen die Rippen je einer Oeffnung unter sich. Die hölzerne Brückenbahn ruht auf Unterzügen von Eichenholz und diese mittels eiserner Stützen i auf den Tragrippen.

Während die Rippen der Louvrebrücke noch aus längeren gußeisernen Segmenten bestehen, erbaute in den Jahren 1800 bis 1806 L a m a n d é dem Jardin des plantes in Paris gegenüber die gußeiserne Brücke von A u s t e r l i t z⁴⁰⁾ s. Fig. 59 bis 61, mit 5 Oeffnungen zu 5 Bogenrippen von je 32,36 Meter Spannweite und 3,236 Meter Pfeilhöhe nach dem Prinzip gewölbter, aus kleineren Stücken bestehender, Bogen. Die Wölbstücke der Rippen bestehen,

wie Fig. 59 bis 61 zeigen, aus je drei konzentrischen, durch 5 Radialsprossen verbundenen, Kreissegmenten von 42,06 Meter innerem Radius. Ihre Verbindung zu einer Bogenrippe ist durch Bolzen a und Bänder b bewirkt, während die Rippen selbst an den Stoßfugen der Wölbstücke durch gußeiserne Querstücke c unter sich verankert sind. Die untersten Wölbstücke der Rippen lehnen sich an dreieckige, vertikal stehende, in die Pfeiler eingelassene Anfängerplatten d, Fig. 61. Quer über den Rippen liegen eichene Querbalken e, Fig. 60, mit dem hölzernen Brückenboden, auf welchem die aus Thonerde und Kies bestehende Fahrbahn, sowie die breiten steinernen Trottoirs ruhen. Gurten mit Löwenköpfen begrenzen die Verkehrsbahn.

Trotz einer Ueberhöhung der Bogen von 54 Mm. beim Aufschlagen, senkten sich dieselben unmittelbar nach der Ausrüstung von 7 bis zu 11 Mm.; eine Einsenkung, welche infolge des Zerspringens einiger Wölbstücke durch unvorsichtiges Befahren der Brücke mit schwerem Fuhrwerke nach und nach bis auf 54 Mm. und 72 Mm. stieg. Man stellte zwar durch doppelte schmiedeiserne Bänder die Verbindung der einzelnen geplatzen Wölbstücke wieder her, das Gußeisen scheint aber hierdurch als Brückenbaumaterial in Frankreich etwas in Mißkredit gekommen zu sein, da Bruyère im Jahre 1808 eine kleine Brücke für Fußgänger und Leinpferte über den Cron bei St. Denis⁴¹⁾ aus Schmiedeisen ausführte und auch zur Ueberbrückung der Seine in der Axe des Hotel des Invalides in Paris

eine schmiedeiserne Brücke von 130 Meter Oeffnung nach dem gleichen System vorschlug. Dieser, sowie der Entwurf einer Brücke für die gleiche Baustelle mit 3 Bogen von je 80 Meter Spannweite aus Guß- und Schmiedeisen von L a m a n d é gelangte jedoch nicht zur Ausführung.

Mittlerweile wurden die Reichenbach'schen Röhrenbrücken in Frankreich bekannt, und es gelang dem französischen Ingenieur P o l o n c e a u, welcher zugleich die oben angeführten Mängel derselben erkannt hatte, bei Erbauung der Carrousselbrücke in P a r i s ⁴²⁾ während der Jahre 1834 bis 1836 ein verbessertes System der Röhrenbrücken in Ausführung zu bringen, nach welchem die Röhren einen elliptischen Querschnitt mit bestehender großer Aue erhielten und aus zwei, nach dieser Aue getheilten, seitlich zusammengeschraubten Hälften mit versetzten Stoßfugen bestanden; ein System, welches später, mit nicht wesentlichen Abänderungen der Konstruktion, vielen Straßen- und Eisenbahnbrücken Frankreichs, z. B. der Brücke über den Canal St. Denis in der Nordbahnlinie zu Grunde gelegt wurde.

Die Carrousselbrücke, von welcher wir in den Fig. 62 bis 68 eine Abbildung geben, besitzt drei gleiche Bogen von 47,7 Meter Spannweite und 4,7 Meter Pfeilhöhe. Jeder dieser Bogen besteht aus 5, in der oben angegebenen Weise zusammengesetzten, hohlen gußeisernen Tragrippen, deren Kern mit einem Bogen aus horizontal übereinander gelegten, unter sich verschraubten, Bohlen ausgefüllt ist, und stemmt sich gegen besondere, in die Pfeilerquader eingelassene, gußeiserne Widerlagsplatten. Die Querverbindung der Röhrenbogen besteht, wie die Figuren 65, 66 und 68 zeigen, aus den schrägen, im Querschnitt kreuzförmigen, Versteifungen a sowie den, zur Brückenaxe normalen, Stemmrohren b und Zugstangen c. Die Bogenschinkel sind durch gußeiserne Ringe d ausgefüllt, welche sich unten bei d', s. Fig. 67, auf die Röhrenbogen stützen, und oben bei d'' die Längsbohlenpaare e aufnehmen, welche die Querschwellen f der Brückenbahn unterstützen. Die Brückenbahn ist durch die diagonalen Zugstangen g seitlich versteift und besteht in den aus Längschwellen h und Querbohlen i gebildeten Trottoirs, sowie in der aus einem doppelten Bohlenbelag mit darüber ausgebreiteten Schichten aus weichen Kalksteinen und groben Kieseln hergestellten Fahrbahn. Die Fußwege werden durch eiserne Abweiser k geschützt.

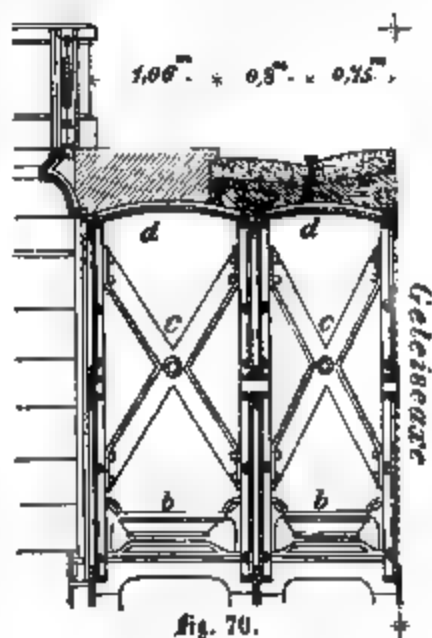
Bei der Aufstellung der Brücke wurden zuerst die Holzbogen auf besonderen Lehrgerüsten aus Bohlen mit abwechselnden Stoßfugen und dazwischen aufgetragenen Theerschichten gekrümmt, hiernach durch Bolzen in Entfernungen von je 2 Meter zusammengepreßt und zuletzt deren ovaler Querschnitt bearbeitet. Diese Holzbogen dienten als Lehren für die Röhrenbogen, indem man nach Entfernung des Lehrgerüstes immer je zwei gegenüberliegende halbe Segmentstücke anlegte und die Löcher der Verbindungsbolzen an Ort und Stelle bohrte.

Die Verbesserungen, welche Polonceau beim Bau der Brücken zu St. Cloud, Corbeil u. a. anbrachte, bestanden hauptsächlich in einer Beseitigung des die Tragfähigkeit des Röhrenbogens nicht wesentlich erhöhenden Holzbogens, in einer Vermehrung der Seitensteifigkeit der Röhrenbogen durch Annäherung ihrer ovalen Querschnittsform an die Form des Rechtecks, in der Befestigung der Querverbindungen in der halben Höhe der Röhren, statt an den fortlaufenden Stoßflanschen, mittels besonderer angeschraubter Badenstücke. Bei Eisenbahnbrücken will Polonceau den Röhrensegmenten Stoßflanschen, wie bei den Reichenbach'schen Röhren, gegeben wissen, deren Bolzen aber erst angezogen werden sollen, wenn der Röhrenbogen durch Anziehen der Bolzen an den fortlaufenden Stoßflanschen bereits unverschieblich in sich verspannt ist, auch rät er, das Pfeilverhältniß derselben von $\frac{1}{10}$ auf $\frac{1}{6}$ zu erhöhen.

Fig. 69 und 70. Brücke über die Rhone bei Tarascon.

Unter die neueren gußeisernen Bogenbrücken Frankreichs gehört die in den Jahren 1851—1852 erbaute zweigeleisige Eisenbahnbrücke bei Tarascon⁴³⁾, s. Fig. 69 und 70, über die Rhone mit 7 Öffnungen von 60 Meter Spannweite und einem Pfeilverhältniß von $\frac{1}{12}$. Jeder der acht

Bogen einer Öffnung ist aus 17, unter sich verschraubten, gußeisernen Segmentplatten a, s. Fig. 69, von 1,6 Meter Höhe und 0,06 Meter Dicke zusammengesetzt, welche durch dreifache Rippen verstärkt sind. An der oberen und unteren dieser Rippen ist auf jedem Stöße die aus einem gußeisernen Kasten bestehende Querverbindung der Bogen angebracht. Der Fuß der Tragrippen stützt sich gegen starke, in das Widerlager eingelassene, Lagerplatten, zwischen welche, zur Herstellung einer gleichmäßigen Spannung, 5 Reihen Keile eingetrieben sind. Die Bogenschenkel sind mit 2,5 Centimeter starken durchbrochenen, aber mit Rippen



verstärkten, Platten ausgefüllt, welche unter sich durch Querbalken *b* und Verstärkungskreuze *c*, s. Fig. 70, verbunden sind. Ueber den letzteren liegen gußeiserne bogenförmige Deckplatten *d*, die sowohl unter sich, als auch an den Tragrippen durch Bolzen befestigt sind und den Oberbau der Eisenbahn aufnehmen.

Im Jahre 1858—1859 wurde von den Ingenieuren Savarin und de Lagalissérie die, nach dem, von den Franzosen im italienischen Kriege 1859 erfochtenen, Sieg benannte Solferinobrücke, sowie im Jahre 1862 die zur Verbindung der Inseln St. Louis und Notre-Dame Brücke St. Louis mit 64 Meter Spannweite und 5,82 Meter Pfeilhöhe (Paris 44) erbaut. Bei beiden Brücken liegt die Brückenbahn auf Ziegeln, welche auf den gußeisernen Bogen und deren Bogenschenkel ruhen.

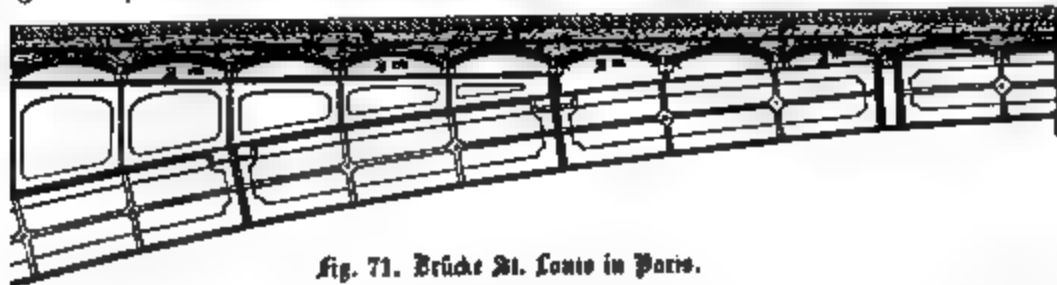


Fig. 71. Brücke St. Louis in Paris.

der St. Louisbrücke, wovon Fig. 71 einen Theil des Längendurchschnitts darstellt, liegen die Axen dieser Gewölbe senkrecht zur Brückenaxe und gegen gußeiserne Querbalken, die von 2 zu 2 Meter von einander entfernt sind. Die 9 Bogenrippen derselben bestehen aus je 11 Wölbstücken, die an gefällig geebneten Stoßfugen durch Bolzen verbunden sind. Die je 4, in der Mitte zunächst gelegenen Wölbstücke sind durch ein System horizontaler Nietenstücke aneinander befestigt, die abwechselnd unten und oben angebracht sind und einer Seitenbewegung den kräftigsten Widerstand leisten. Die 3 in der Mitte am Scheitel sind nicht nur durch die oben erwähnten Querbalken verbunden, sondern auch durch Streben, die zwischen dem Kest dieser Gewölbe von einem Bogen bis zum andern reichen.

Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion gußeisernen Sprengwerke. Nach der vorhergegangenen Betrachtung fernern Stützbrücken ist die erste Anwendung des Gußeisens zu Bogenbrücken den Engländern zuzuschreiben, von welchen dieselbe zuerst nach Deutschland, dann nach Frankreich gelangte. Als die ersten Anfänge dieser Bauart sind einzelnen bogenförmigen Sprengwerke mit Radialverbindungen zu betrachten, hierauf die Engländer zur Herstellung der Bogen vorzugsweise, durch Schraubenbolzen untereinander verbundene, Segmentplatten verwendend, ein Verfahren, welches sich von ihnen auf Deutschland und Frankreich übertrug, so bediente man sich hierzu vorerst in Deutschland und später, mit manchen Verbesserungen der Form und Zusammensetzung, auch in Frank-

reich der Röhren. Späteren Erfahrungen zufolge ist von diesen beiden Hauptkonstruktionssystemen der gußeisernen Bogenbrücken das Röhrensystem verlassen worden, dagegen das Plattenystem mit gußeisernen Bogenschenkelausfüllungen und kreuzförmigen Querversteifungen, bis in die neueste Zeit in England, Deutschland und Frankreich, sowol für Eisenbahnbetrieb als Straßenverkehr, zur Ausführung gekommen. Als Anordnungen der neueren Zeit sind, zwischen die Bogenrippen eingeschaltete, Ziegelgewölbe oder gewölbte gußeiserne Platten zur unmittelbaren Aufnahme der Fahrbahn hervorzuheben.

II. Die gußeisernen Barrenbrücken.

Hatte man das Gußeisen bei den bisher genannten Konstruktionen vorzugsweise einem Druck ausgesetzt und die hierauf begründeten Systeme besonders dem Gewölbebau nachgebildet, so nahm man dasselbe in den dreißiger und vierziger Jahren des laufenden Jahrhunderts hauptsächlich infolge und zum Zwecke des sich rasch entwickelnden Eisenbahnbaues in Barrenform auch auf Biegung in Anspruch. Die Barren sind entweder solche mit gerader paralleler oder gerader und bogenförmiger Begrenzung.

1. Die gußeisernen Parallel-Barrenbrücken Englands, Frankreichs und Deutschlands. Zuerst waren es englische Bahnen, welche sich solcher Eisenbarren zu Brückenträgern bis zu 7,31 Meter (20' engl.) Spannweite bedienten. Auf der Blackwall-Bahn, welche übrigens nicht mit Lokomotiven betrieben wird, sind sogar gußeiserne Balkenbrücken von 14,02 Meter (46' engl.) Spannweite mittels Barren hergestellt worden, welche aus einem Stück gegossen waren, übrigens wegen der geringen Zugfestigkeit und Strukturveränderung des Gußeisens durch die Erschütterungen des Betriebs wenig Sicherheit zeigen, wie der Einsturz mehrerer dieser Brücken bewies. Längere Barren für Balkenbrücken von 18,33 bis 20,16 Meter (60 bis 66' engl.) Spannweite, wie auf der York-, Midland-County's-, Northern- und Eastern-Bahn, setzte man aus längeren

Stücken zusammen und unterstützte sie an den Stößen durch aufgehängene schmiedeiserne Bänder. Die Querschnitte der Barren englischer und französischer Eisenbahnbrücken sind entweder doppelt T-förmig, wie in Fig. 72, oder bei

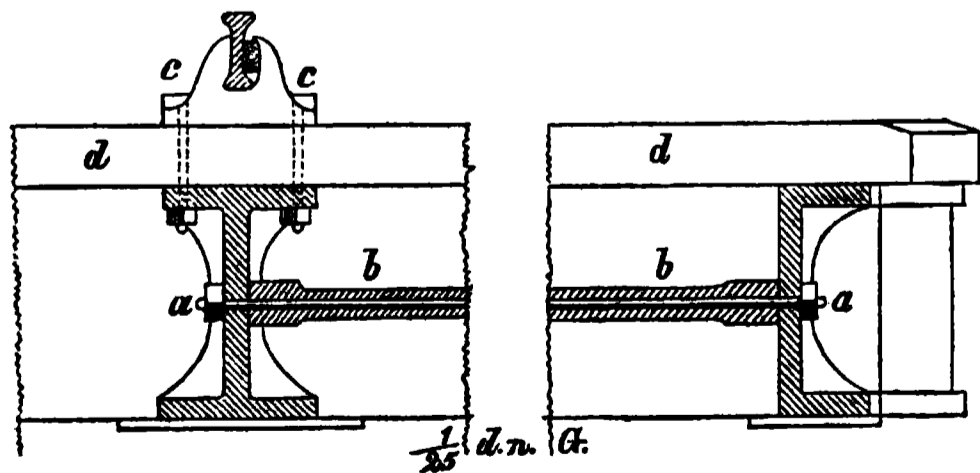
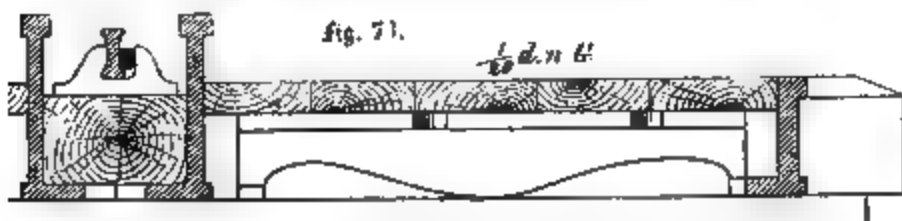


Fig. 72. Französische und englische Bahnen.

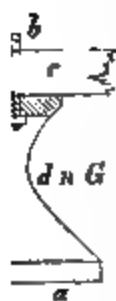
sehr beschränkter lichter Höhe der Brückenöffnung U-förmig, wie in Fig. 73. Bei den ersteren ruht das Geleise mittels der Lagerstühle *c* und der Quer-

schwollen d direkt auf den doppelt T-förmigen Trägern, welche untereinander durch Hakenbolzen fest verbunden sind. Die Querverbindung der Träger, wovon die beiden äußersten, die Bankette unterstützenden, nur halb doppelt T-förmig sind, ist durch die gußeisernen Stemmrohren b und die schmiedeisernen Zugzwirke. Die U-förmigen Träger sind der Länge nach aus zwei symmetrischen Theilen zusammengesetzt, welche sich nur am Boden der Auflageren. Beide Theile schließen die Langschwollen des Geleises ein und Querbolzen unter sich und mit den Langschwollen verbunden. Die Höhe der Träger sind außer mit gleicher Höhe auch mit nach der Mitte der Höhe ausgeführt worden.



In Deutschland wurden gußeiserne Parallel-Barrenbrücken von gerader Spannweite fast auf allen früheren Eisenbahnen ausgeführt. Die ersten, welche im Anfang der vierziger Jahre erbaut wurde, besaßen solcher Brücken von 3 bis 5,1 Meter Spannweite. Die Querschnitte sind entweder T-förmig, wie in Fig. 74, 75 und 76, oder bei geringer Höhe der Durchlaßöffnung U-förmig, wie in Fig. 77 und 78.

Die Fig. 74 zeigt die Verbindung der Schienen, Querschwellen c und Träger mit den verbreiterten Auflagersteinen a durch die Hakenbolzen b. Die Fig. 75 u. 76 stellen Ansicht und Querschnitt der ehemaligen Brücke über den Landgraben bei Malsch⁴⁵⁾ dar und bleibt nur zu bemerken, daß die gleichfalls verbreiterten Auflageplatten der Träger c mittels der Bolzen b auf die Tragsteine a aufgeschraubt waren, während sie das auf den Langschwollen e und den Querschwellen d ruhende Geleise g direkt unterstützten und mit jenen mittels durchgehender Bolzen f, verbunden waren. Zwischen und außerhalb der Langschwollen d und Querschwellen einen Bohlenbelag f auf, welcher zwischen den Geleisen zur Sicherung vor Feuergefahr mit Schotter bedeckt war. Fig. 77 Querschnitt eines U-förmigen Trägers in der Mitte und am Auflagerstein.



Die Fig. 78 stellt die ehemalige Brücke über den Walprechtsbach⁴⁶⁾ oberhalb Ettlingen, insbesondere die Befestigung der Träger am Auflager und die Langschwollen im U-förmigen Träger deutlich dar. Die nur außerhalb und zwischen den Geleisen aus Bohlen gebildeten Bankette wurden durch Querböhlen und Brück-

schienenstücke unterstützt. Eine eigenthümliche Modifikation des U-förmigen Querschnitts zeigt der ehemalige Durchlaß der badischen Eisenbahn unweit Doss⁴⁷⁾, s. Fig. 79 bis 82.

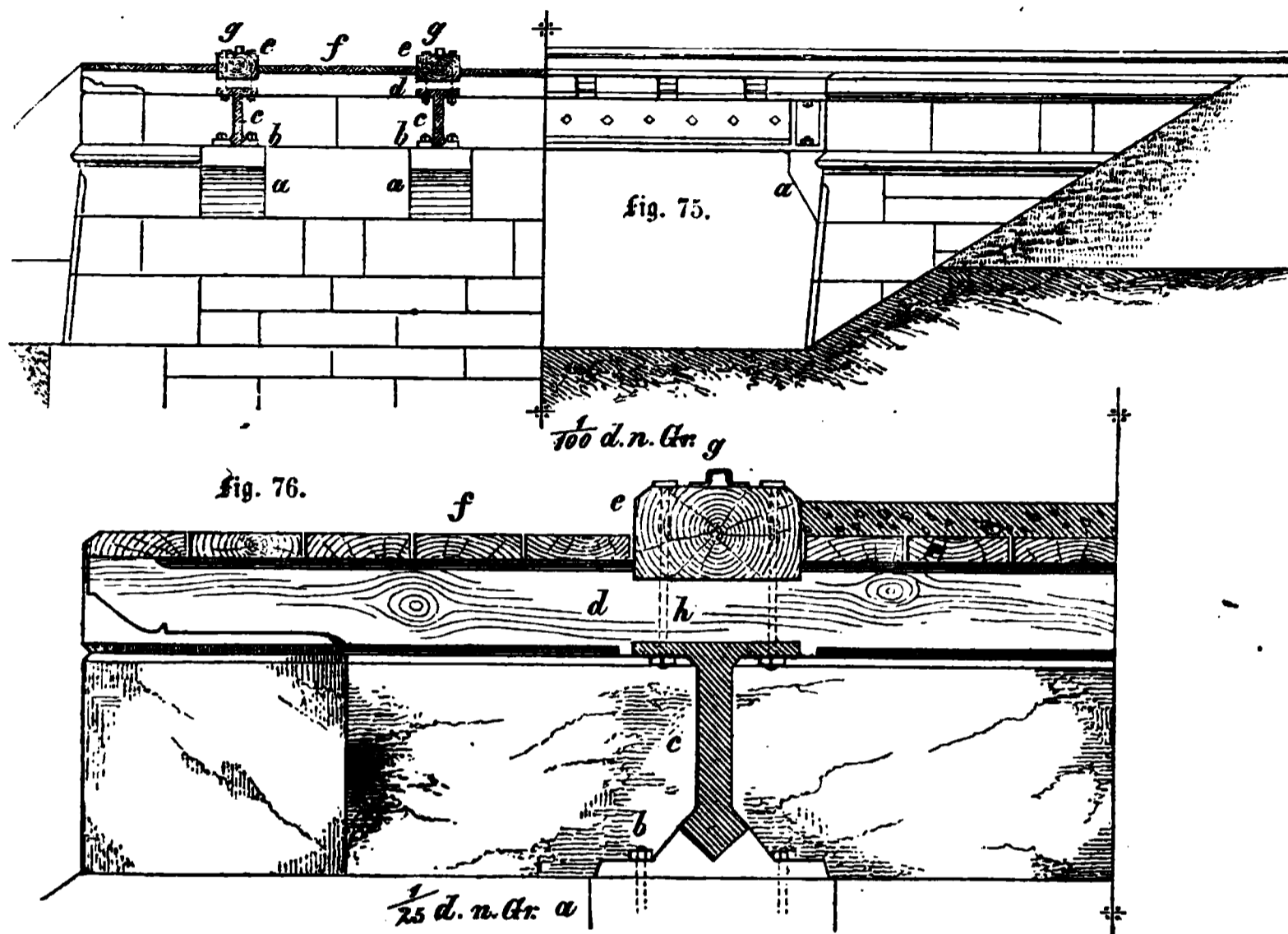


Fig. 75 und 76. Brücke über den Landgraben bei Malsch.

Aus Fig. 80 ergibt sich der Querschnitt der Hauptträger mit dem Hohlraum *a*, aus Fig. 82 der Querschnitt der gußeisernen Querverbindungen *c*, welche in der halben Spannweite an die mit entsprechenden Ansätzen versehenen Hauptträger angeschraubt sind. Ueber den Pfeilern sind die Hauptträger, wie Fig. 79 und 81 zeigen, mittels besonderer Flanschen unter sich verschraubt und mit den Quadern verankert.

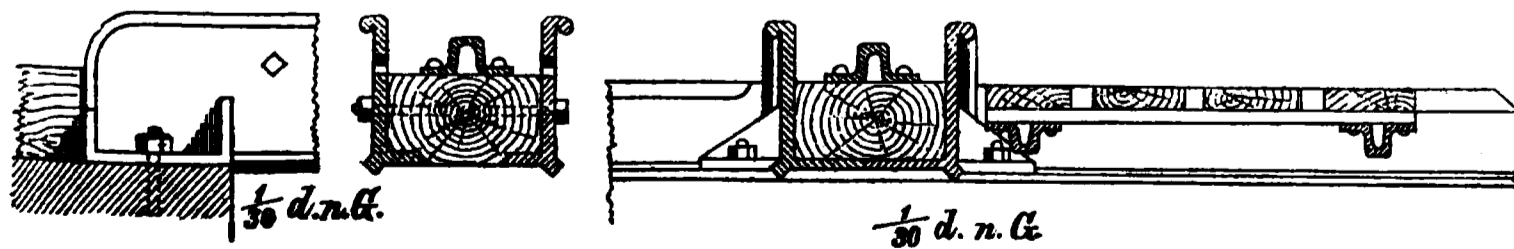
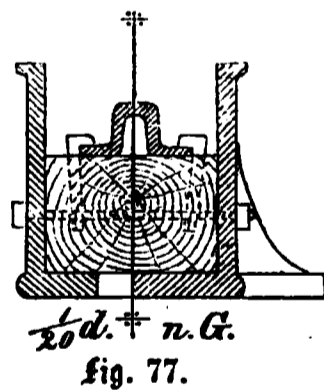


Fig. 78. Brücke über den Walprechtsbach.

Die zwischen den Schienensträngen befindlichen Querverbindungen *c* dienen zur Aufnahme eines starken, mit Kies bedeckten Bohlenbelags.

An späteren deutschen Bahnen wurden auch doppelt T-förmige Parallelbarren zu Ueberbrückungen verwendet. Die Figuren 83 bis 88 stellen die Brücke über den Häuserbach⁴⁸⁾ bei Marben in der Ende der vierziger und Anfang der fünfziger Jahre erbauten Main-Weiser-Bahn dar. Auf aufeiserne, mit dem Quaderunterbau durch die Bolzen b, s. Fig. 86,

– 87, ruhen die je 3 Tragrippen-förmigen, durch Querrippen verweise hohl gegossenen Hauptträger, n, während die unten bogenförmig s. Fig. 87, das Bankett und Ge-äger als die Stirnrippen besitzende Auflager, von welchen jene durch Auflager und diese durch die Ver- sind.



Bolzen.

Die Geleisestränge werden mittels deren Fuß übergreifenden Lappen e, s. Figur 85 und 88, durch Bolzen auf den Hauptträgern festgehalten. Im Allgemeinen haben sich diese gußeisernen Barrenbrücken wegen der geringen Zugfestigkeit und der durch die Verkehrsstöße allmähig verschlechterten Struktur des Gußeisens, besonders bei urden in der Folge mit entsprechen-

de über die Schelde zu Gent. In ingenieure Marcellis und Duval Schelde zu Gent⁴⁹⁾ von 18,4 welche wegen der Eigenthümlichkeit rachtung erfordert. Die Konstruk- ms von der Ansicht ausgegangen, der hängenden Brücken durch guß- ersehen und wurden von Rogier, geisterten Minister der öffentlichen terstützt. Der an Stelle der jetzt

Erstes Kapitel. Die gußeisernen Brücken.

erbauten Brücke erforderliche Uebergang über die Schelbe bot be-
zur Anwendung des neuen Brückensystems, das, mit Hinweis an
wesentlich in Folgendem besteht: Zwei horizontale, frei auflie-
deren jeder aus zwei, mittels der kreuzförmigen Querrippen *c* zu
verbundenen, gußeisernen, von Verzierungen *s* durchbrochenen *k*
besteht, wovon jede wieder aus zwei Stücken zusammengesetz-
Flanschen und Bolzen *f*, Gelenklaschen *d* und Keilbolzen *e* verbi-
spannt sind, tragen die Brückenbahn und dienen derselben zugleich

Fig. 88.



Fig. 86.

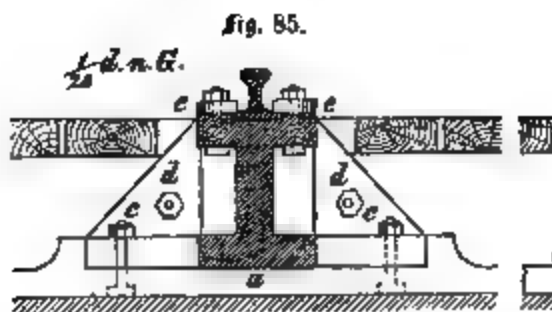


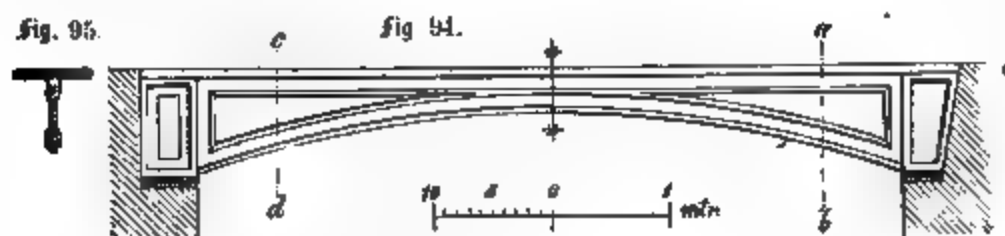
Fig. 83 bis 88. Brücke über dem Häuserbach in der Main-Wefer-Bahn.

Starke gußeiserne Querbalken *k*, welche an die Träger mittels
verbindungen *h* und Bolzen *i* angehängt sind, unterstützen die
breite Brückenbahn, welche wieder aus einer 6 Meter breiten
zwei je 1,59 Meter breiten Bankeiten besteht.

Die erstere wird aus einem doppelten Bohlenbelag gebildet, 1 Längsbohlen l auf dem gußeisernen Querbalken k, die Querbalken m Längsbohlen ruhen. Die Bankette sind aus hölzernen Langschwellen über genagelten Querbalken q hergestellt.

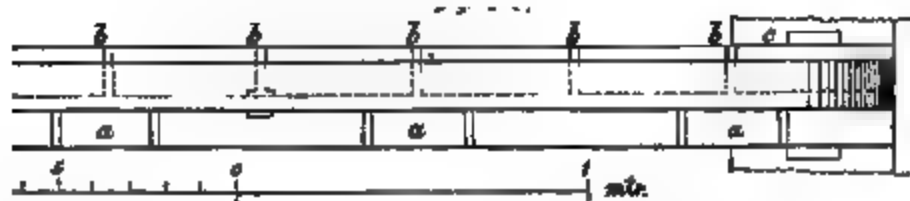
Die Belastungsproben fanden unter der Leitung des Ober Wolters der Provinz Flandern am 8. Februar 1844, also in Prüfung von Metallkonstruktionen nicht günstigen Jahreszeit, statt. lastungsgewicht bestand in 400 Kg. p. □ M. Brückenbahn, dem gewöhnlich bei den Belastungsproben der Hängebrücken angewendet, welche 24 Stunden auf der Brückenbahn verblieben. Bei be gern zeigte sich hierauf ein Krümmungspfeil von 3 Mm. am ersten 4 1/2 Mm. am zweiten Tage, während man an der, zum Zweck der tung mit Gyps übergossenen, Stoßfuge der Träger nicht den gerin bemerkte.

Trotz dieses günstigen Resultats scheint das „Belgische Brück keine weitere Ausbreitung gefunden zu haben und es unterlie Zweifel, daß die Durchbrechungen der Tragwände weder die Homog Gusses befördern, noch eine stetige Uebertragung der Vertikalkräf beiden Gurtungen zulassen.



3. Die gußeisernen Bogenbarrenbrücken unterscheiden sich von d gehenden nur durch eine untere konkav oder konvex gekrümmte oder obere konvex bogenförmige Begrenzung ihrer Träger. Träger mit kon förmiger Begrenzung, wie sie in der Ansicht, Fig. 94, und in den Que Fig. 95, durch cd und, Fig. 96, durch ab dargestellt sind, wurden, wi eisernen Parallelbalkenbrücken, vielfach auf den ersten deutschen Eisenba geführt. Sie sind entweder aus einem Stück, wie in den Fig. 94- zusammen gesetzt. Die ersteren fanden unter andern beim Bau d Weser-Bahn Ende der vierziger und Anfang der fünfziger Jahre zur Ue der Seitenöffnungen der Brücke über die Ridda zu Bilbel und i Biadukt über die Staatsstraße südlich von Niedermöhl Anwendung, von welchen wir in den Fig. 97 bis 101 den letzteren Wie die Figuren zeigen, sind die Hauptrippen a voll, die Stirnrippen brochen, beide jedoch von annähernd T-förmigem Querschnitt. Die S Seitenträger stützen sich auf die gußeisernen Platten e und sind

In statischer Beziehung rationeller erscheinen dagegen die Bogenbarrenträger mit unterer oder oberer konvex bogenförmiger Begrenzung, bei welchen dem größten Angriffsmomente auch das größte Widerstandsmoment entspricht und welche um so vollkommener sind, je mehr sie sich den Trägern von gerade nähern. Die Figuren 106 bis 111 zeigen eine mit elliptischer oberer Begrenzung der Hauptträger, während die Nebenbarren flach sind. Die Figuren zeigen die Querschnitte der Träger, diese auf der einen Seite mit Querrippen *b*, auf der anderen Seite mit festen Lagern *a* für die Querschwellen versehen sind. auf gußeisernen Lagerplatten *c*, Figur 108 und 109, mit Rollen und Zugstangen, Fig. 110 u. 111 unverrückbar untergeordnet und nehmen auf ihren unteren Gurtungen sowohl die Querschwellen als auch die Bohlentafeln zur Unterstützung dienen, als auch die Bohlentafeln tragen.



Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion von Bogenbarrenträgern. Die betrachteten, zuerst in England, und Frankreich zu Brückenträgern verwendeten gußeisernen Träger, entweder als Parallelträger mit den verschiedensten vollen Querschnitten, oder als Träger mit einer geraden und einer bogenförmigen Begrenzungslinie. Sind auch die gußeisernen Barrenträger mit einer bogenförmigen Begrenzungslinie, also mit nach deren Mitte hin verjüngten Parallelträgern und diese den Barrenträgern mit konvexer oberer Begrenzungslinie mit nach deren Mitte hin verkleinerter Höhe, vorzuziehen, doch sämtlich an der geringen Festigkeit ihrer unteren, äußeren Theile, und wenn sich auch die hier erforderliche Zugkraft derselben entsprechende Vergrößerung des Querschnitts

erreichen läßt, so hat doch die erfahrungsgemäß geringe Widerstandsfähigkeit des Gußeisens gegen die auf Brückenträger einwirkenden Erschütterungen die weitere Anwendung der gußeisernen Barrenträger zu Gunsten von E vorzugsweise Schmiedeisen-Konstruktionen verhindert und vielfach die felung derselben, besonders gegen schmiedeiserne Balkenträger, veranla

III. Die gußeisernen Hängsprengwerkbrücken

sind nach den gußeisernen Bogensprengwerkbrücken die ältesten eisernen welche wir kennen, und fanden ihre Anwendung vorzugsweise in En, Deutschland.

1. Die gußeisernen Hängsprengwerkbrücken Englands. Die zwe Brücke Englands, welche Telford im Jahre 1795 über die Sa Buildwas unweit Coalbrookdale⁵²⁾ erbaute, war eine gußeiser sprengwerkbrücke. Sie besitzt eine einzige Oeffnung von 39,65 Meter weite bei 8,23 Meter Pfeilhöhe und besteht in zwei, zu den Seiten der angebrachten, isolirten Bogenrippen, welche einen Theil der flach Brückenbahn übersteigen, damit der letzteren eine möglichst niedrige Lag werden konnte und dadurch eine hohe Erdausfüllung hinter den Landpfe mieden wurde. Die Fahrbahn ist an den oberen Theil des Bogens, und auf den unteren Theil desselben durch schwalbenschwanzförmig ei Stäbe gestützt. Die Unterlage der Fahrbahn besteht aus gußeisern Ruth und Feder ineinander gefügten, Platten, welche eine Art Gewöl das die Festigkeit der Brücke erhöht.

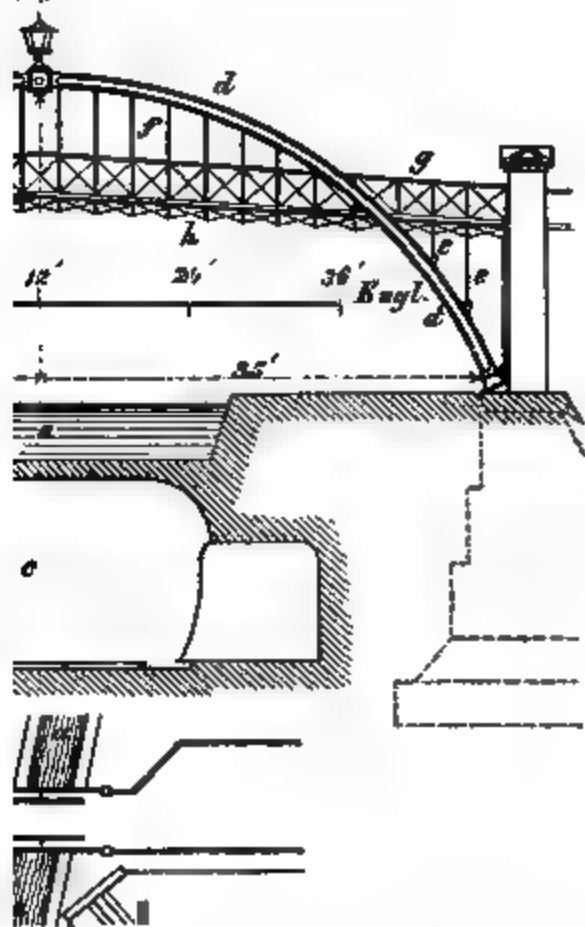
Im Jahre 1827 wurde zu Leeds eine Bogenhängsprengwerkf einem Bogen von 36,57 Meter (120' engl.) Spannweite und 7,; (24' engl.) Pfeilhöhe erbaut, dessen Scheitel 3,5 Meter (11½' engl.) Fahrbahn liegt. Zwei seitlich angeordnete Bogenrippen von 40 Ctm. (1 und 25 Ctm. (10") mittlerer Dicke tragen die 8,23 Meter (27') breite mit 1,52 Meter (5') breiten Trottoirs zur Seite. Jede dieser Ripp aus vier einzelnen Stücken, die durch versteckte Dübel mit Keilen verbunden sind. Auf gußeisernen Unterzügen, die 1,52 Meter (5' ander absteigen und an dem oberen Theil der Bogenrippen mittels ! angehängen, auf deren unteren Theil mittels gußeiserner Pfosten sind, ruhen die Längsbalken der aus einem doppelten Bohlenbelage b Fahrbahn.

Um dieselbe Zeit führte Leathur von Leeds zwei Bogenhä werkbrücken über den Fluß Aire aus, wovon die Monsbrücke 33 (112' engl.), die Hunsletbrücke 44,5 Meter (146' engl.) S zwischen den Landpfeilern hat. Jede der beiden Brücken besitzt, bei eir breite von 11,58 Meter (38' engl.), nur z wei Tragrippen.

Die Träger der eisernen Brücken.

Die⁵³⁾ wurde nach Leather's System von Hammer Smith nach Harrow Canal und über die mittels Tun- ningham-Bristol-Themse-Ver- erbaut. Die Spannweite dieser Brücke 7 Meter (22' engl.) Pfeilhöhe, die gl.) und ihrer Bankette je 1,52 Mtr. d zur gleichförmigen Vertheilung der nischen- und Wagen-Gedränge besteht, rippen d getragen, auf deren unteren isernen Pfosten e stützt und an deren hängt. Eine Versteifung der Fahr- Geländers g, als durch eine unter- istration h bewirkt.

Fig. 112.



die Birmingham-Bristol-Themse-Verbindungsbohrn.

Die besteht aus Preßziegeln, welche in e Fugen mit einem Cemente von Zie- jezwickel sind und der ganze Bau auf nsetzung ruht.

die einzelnen Segmente an den Enden als die beiden Halbrippen durch sich festigt sind. Jede Bogenrippe trägt welche unten in Schraubengewinde durchgehen, die den Längsschwellen dienen. Bei anderen Ausführungen eiserne Unterzüge, wie in Fig. 116

V. Die gußeisernen Hängwerkbrücken

sind Nachbildungen der hölzernen, sogenannte, deren Streben und Spannriegel wagrecht, zur Beseitigung eines horizontalen Zugstanges dagegen aus Schmiedeeisen, Hochwasser- und Straßen- oder Bahnbrücken dieser Gattung. In den Figuren 1 der vierziger Jahre erbaute gußeiserne über die Alb bei Weiertheim⁵⁸⁾ Konstruktion, welche später auch auf dem z. B. bei Weinheim an der Bergstraße gefunden hat.

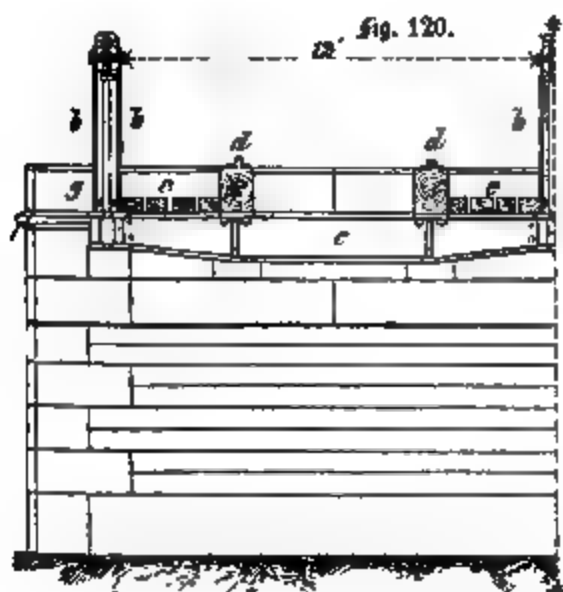


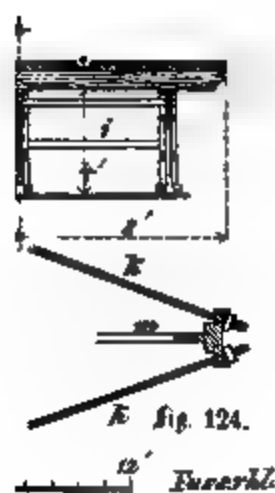
Fig. 119 und 120. Brücke

Die Albbücke bei Weiertheim (30' hoch.) Spannweite und besitzt, Tragrippen, deren gußeiserne Streben und Bolzen zusammengesetzt sind. In

Bindungsbolzen sind die Streben und Spannriegel durchbohrt und nehmen die Querbolzen auf, an welchen die doppelten Hängträger *b* zur Unterstützung der durchgehenden gußeisernen Querträger *c* befestigt sind. Auf diesen Querträgern ruhen die Kanalschwellen *d* mit den Geleisesträngen, sowie starke Längsböhlen *e*.

Die Streben der Tragrippen ruhen auf verbreiterten Aufhefe bei *f* mit den Pfeilern verankert sind und die nöthige Stabilität erhalten. Die zur Aufhebung des Seitenschubes auf den Zugstangen *g* einer Tragrippe sind doppelt, liegen zwischen Hängstangen *b* und werden am Fuße der Streben bei *h* durchgehalten.

Eiserne Sprengwerkbrücken mit geraden Barren unterscheiden sich von hölzernen Hängwerkbrücken dadurch, daß sie, statt über der Mitte der Brücke zu liegen und deshalb eine größere Höhe zwischen Pfeilerstand und dem Straßen- oder Bahnplanum erfordern. Die ersten eisenen Sprengwerkbrücken sind auf der Potsdam-Magdeburger, thüringisch-sächsischen Staats-Bahn etwa um die Mitte der vierziger Jahre in Ausführung gekommen.



1 — 125. Brücke in der Potsdam-Magdeburger Bahn bei Magdeburg.

In den Figuren 121 bis 125 ist die in der Potsdam-Magdeburger Bahn bei Magdeburg erbaute Sprengwerkbrücke von 12,55 Meter Spannweite dargestellt. Jede der drei Rippen, welche die Brücke unterstützen, wird von zwei Streben *a* mit den durchbrochenen Streben *a'* und einem Spannriegel *b* gebildet, welche durch die lothrechten wagrechten einfachen Zuganker *d*, doppelten Zuganker *d'* und die Streben *e* unter sich zu einem steifen Ganzen verbunden sind. Der untere Streben ist, wie sich aus dem Schnitt nach *a' b'* der Fig. 125 ergibt, ein doppeltes Streben, dessen Zuganker *d* durchbohrt und ruht auf einer gußeisernen

eisernen, mit seitlichen Ansätzen *f* versehenen Platte. Strebe und *g* sind an ihrer Vereinigungsstelle in ihrer halben Höhe überblattet und der Hängstange *c*, welche durch die Oeffnungen ihres Blattes gesteckt einigt. Die Diagonalstangen *e* können in ihrem Kreuzungspunkt Ketten angezogen werden. Die Querverbindung der Tragrippen besteht aus eiserne Stemmrohren *i*, welche durch schmiedeiserne Bolzen angepaßt sind. Eine zweite Versteifung der Rippen wird durch die Zugstangen *j*, Fig. 121, 123 und 124, bewirkt, welche an einem Ende durch die Stemmrohren *i* und am andern Ende durch Gewinde und Muttern *k*, Fig. 124, mit den Füllungen *m* verbunden sind. Sowohl diese *j* als die Spannriegel besitzen oben Ansätze, zwischen welchen die Querversteifung festgehalten werden.

Die Brücke über die Cuppe bei Leipzig in der Weissenfelziger Bahn⁵⁹⁾ mit zwei Oeffnungen von je 12,55 Meter (40' rhl.) Weite besitzt eine derjenigen der vorbeschriebenen Brücke bei Magdeburg ähnliche Konstruktion und enthält 5 Tragrippen auf die Breite der eisenbahnen Bahn.

Von gleichfalls ähnlicher Konstruktion ist die schiefe Brücke Mühlgraben bei Weissenfels⁶⁰⁾ in der thüringischen Bahn von 12,55 Meter (70' rhl.) Spannweite. Auf die Breite der Bahn sind sechs Sprengwerke verwendet, wovon jedes zwei Streben und zwei Zugstangen der Magdeburger Brücke besitzt. Die fünf mächtigen Stützstücke je ein Stützwerk wurden von Vossig in Berlin hergestellt. Die Sprengwerke wurden mit einer Dicke von 1,25 Centimeter ($1\frac{1}{2}$ " rhl.), starken, durch Rippen verstärkter Platten abgedeckt, die auf den oberen Rändern der Sprengwerke mit kleinen Eisenbolzen befestigt sind und die 0,3 Meter (1' rhl.) hohe Beschotterung tragen, die den Oberbau der Bahn aufnimmt.

Zweites Kapitel.

Die gemischteisernen Brücken.

Die in ihren Hauptsystemtheilen aus Guß- und Schmied-Eisen bestehenden gemischteisernen Brücken bilden den Uebergang von den durch Gußeisen zu den ganz aus Schmiedeisen konstruirten Brücken und sind als historische Uebergangsstufen, theils, und besonders da wo die Entwicklung des Gußeisens eine ausgezeichnete ist, als bis in die Gegenwart zu

ersteinen, liegen jedoch hier nach innen. Die Fahrschienen
 en h und diese auf Querschwellen s, welche auf der Fuß-
 erfelben durch Schraubenbolzen e festgehalten sind.

Fig. 145.

Fig. 146.

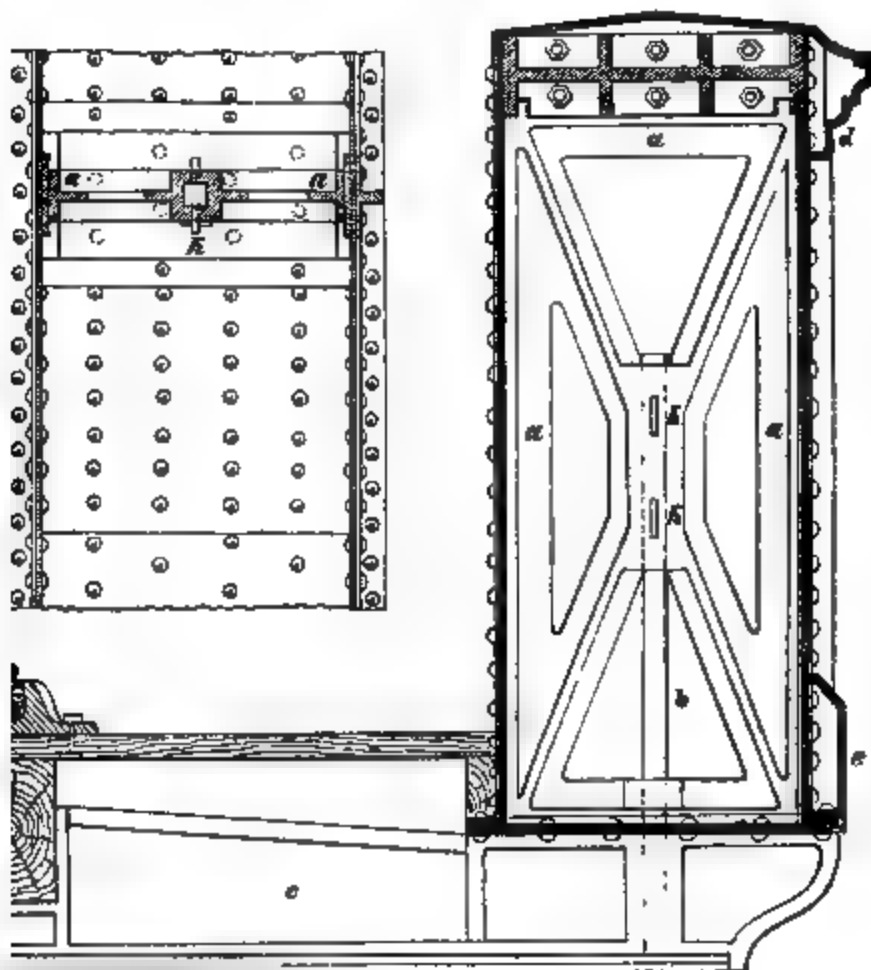


Fig. 143 bis 146. Brücke über die Althorpe-Street.

1846 wurde wegen der, mittlerweile durch Versuche und
 1, großen Druckfestigkeit und relativ größeren Wider-
 miedeisens gegen Festigkeitsverminderung durch Erschüt-
 der gußeiserne Kopf der betrachteten Ballenbrücken durch
 ruirten schmiedeisernen ersetzt, insbesondere führten
 April 1847 geschlossenen Versuche, welche Stephenson
 Erbauung der Britanniabrücke hatte anstellen lassen, zu
 n Anwendung des Schmiedeisens statt des Gußeisens
 Blechbrücken und der, den nordamerikanischen Brücken
 n nachgebildeten, eisernen Gitterbrücken.

Anwendung des Gußeisens zu wesentlichen Theilen des
 inden wir noch bei den, im Jahre 1846 von dem bel-
 ville vor Herstellung der Brücken über mehrere Kanäle

und kleinere Flüsse auf der Eisenbahn von Charleroi nach Erquelines vorgeschlagenen Brücken mit parallelen, durch Stäbe nach dem System des gleichschenkligen Dreiecks untereinander verbundenen, Gurtungen. Die von der belgischen Regierung zur Prüfung dieses Systems⁶³⁾ niedergesetzte Kommission erklärte dasselbe zwar zu Eisenbahnbrücken für anwendbar, knüpfte jedoch wegen der verhältnißmäßig großen Einsenkungen des Probeträgers, von 21,6 Mtr. Spannweite, bei den Probelastungen an dessen Anwendung Bedingungen, welche seiner Verbreitung nicht günstig waren. Trotzdem fand das Neville'sche System, außer in Belgien, Eingang in Frankreich, Deutschland und England, wo es später durch den Kapitän Warren zu dem sogenannten Warren-System ausgebildet wurde.

Die Rahmen der ersten Neville'schen Träger bestehen, wie die Detail-Figuren 168 bis 171 auf Seite 143 zeigen, aus je zwei flachen, schmiedeeisernen Streckschienen *b*, welche in die seitlichen Vertiefungen gußeiserner, im Querschnitt I-förmiger Mittelstücke *a* eingelassen und mit denselben durch Schraubenbolzen *e* verbunden sind, ferner aus geneigten schmiedeeisernen, an den Enden umgekröpften und aneinander liegenden Verbindungsstäben *c*, welche jene gußeisernen Mittelstücke durchsetzen, von jenen Streckschienen umfaßt und mit ihnen durch die erwähnten Schraubenbolzen gleichzeitig verbunden werden, und endlich aus je zwei horizontalen, wie die Rahmen konstruirte, Zwischengurten, welche die auf Druck angegriffenen Verbindungsstäbe vor Durchbiegung sichern sollen.

Fig. 1

Unter die, nach diesem System in Belgien ausgeführten, Brücken gehört die, in Fig. 141—143 dargestellte, zweigeleisige Eisenbahnbrücke zwischen Charleroi und Erquelines über die Sambre⁶³⁾, von 21,6 Meter Spannweite mit fünf, 1,8 Meter im Mittel voneinander entfernten, Trägern und die schiefe, den Strom unter einem Winkel von 76° schneidende, Straßenbrücke über den Ruppel zwischen Boon Willebroeck⁶⁴⁾ mit acht Oeffnungen, wovon sechs 26,5 Meter und eine 25,43 Mtr. Spannweite haben, während die achte, zur Durchfahrt von Schiffen dienende, Oeffnung mit einer 15,3 Meter langen Drehbrücke überbaut ist.

Fig. 147
Cont.-3

Wie sich aus den Abbildungen der efigenannten Brücke ergiebt, ruhen

gonalstangen *e* unter sich verbunden sind. Auf den Kettengliedern des Unter-
 Mitte noch durch je zwei vertikale 3,12 Mtr.
 eisen *e*, f. Fig. 153, und gußeiserne Unterlagen *c*,
e aufgehängt sind, liegen 17,5 Mtr. (7" engl.)
 die auf Längsbohlen liegenden Fahrseilen aufneh-
 den äußeren Tragwände befinden sich schmiedeeiserne
 Geländer zum Abschluß der Brückenbahn, sowie
 Blechgesimse zur Verkleidung und zum Schutz der
 Querböhlen. Später nach dem Warren-*Sy-*
 stem konstruirte Brückenträger, wie diejenigen,
 welche Piddle u. Gordon für den im Jahr
 1853 begonnenen Crumlin-*Viadukt* in Süd-
 Wales entwarfen, wurden ganz aus Schmied-
 eisen gebildet und werden deshalb im dritten Kapitel
 dieses Abschnitts besprochen werden.

Unter den bedeutendsten gemischteisernen
 Brücken Englands für Straßen- und Eisenbahn-
 Verkehr zugleich, ist endlich das großartige, von
 Stephenson erbaute, Bogenhängwerk, f. Fig.
 158 und 159, zu erwähnen, welches unter dem
 Namen High-Level-Bridge in sechs Oeff-
 nungen von je 37,5 Mtr. (125' engl.) lichter
 Weite und 25,8 Mtr. (86' engl.) lichter Höhe den
 Tyne in New-Castle überspannt, um die, auf
 den hohen Ufern des Tyne gelegenen, Theile dieser
 Stadt mit ihrer ebenso hoch gelegenen Vorstadt
 Gateshead zu verbinden. Die Fahrbahnen
 jeder Oeffnung werden durch zwei Paar gußeiserne
 Bogen, mit nahezu 1,7 Pfeilhöhe, getragen, von
 denen die beiden inneren etwa die doppelte Stärke
 der beiden äußeren haben und über welchen die,
 einschließlich der Brüstung, 11,1 Mtr. (37' engl.)
 breiten drei Eisenbahngleise ruhen, während unter
 denselben die 6 Mtr. (20' engl.) breite Straßen-
 fahrbahn zwischen den Bogenpaaren und die
 je 2,55 Mtr. (8½' engl.) breiten Fußwege zwi-
 en liegen. Die Enden der Bogen sind zur Aufhebung
 h Ketten verspannt, während die Bahnen der Eisen-
 nander durch je 3 Mtr. (10' engl.) voneinander ab-
 Säulen mit durchgehenden schmiedeeisernen Bolzen ver-

bunden sind. Ueber diesen Säulen ruhen die gußeisernen Querträger, welche die hölzernen Längsbalken, den doppelten Bohlenbelag und die Fahrschienen der Eisenbahn aufnehmen; die aus einem doppelten Bohlenbelage bestehende Straßenfahrbahn liegt auf hölzernen, je 1,05 Mtr. ($3\frac{1}{2}'$ engl.) voneinander entfernten, Querbalken, welche durch einen, in jeder Bogensehne angebrachten, von der Zugkette unabhängigen, gußeisernen Längsbalken unterstützt sind.

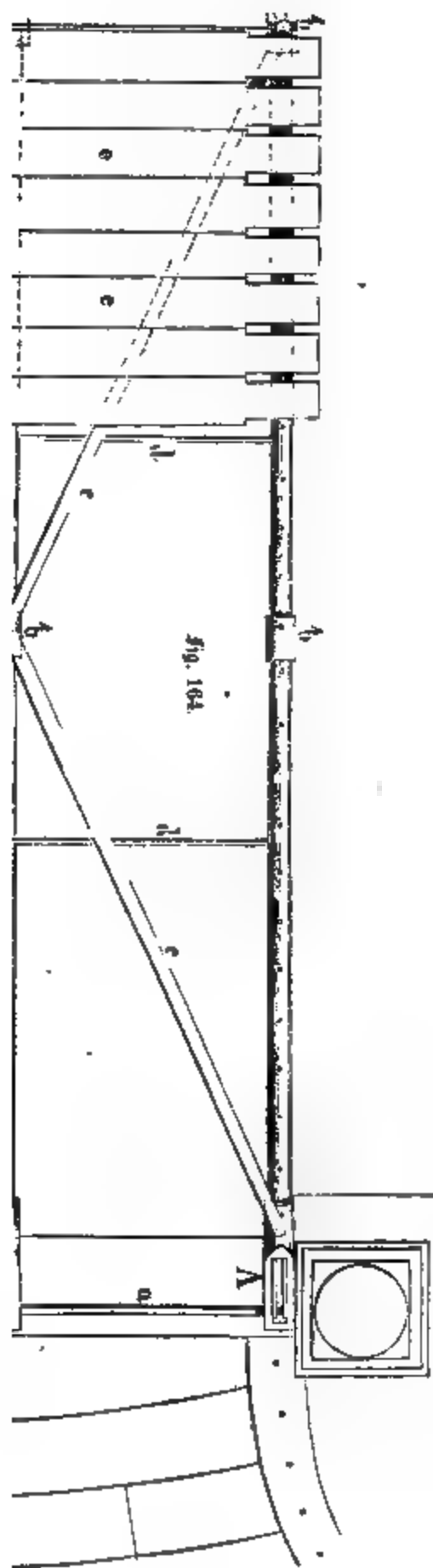
Fig. 158.



Fig. 159.

Fig. 158 u. 159. Brücke über den Cyne in Nem-Castle.

Außer zu Straßen- und Eisenbahn-Brücken wurden die gemischteisernen Träger auch bei Herstellung von Aquadukten verwendet. Hierzu gehört der, in Fig. 160 bis 162 dargestellte, von den Ingenieuren Georges und John Leather über den Fluß Calder bei Stanley in England erbaute Brück-Kanal⁶⁶⁾ von 47,24 Mtr. Spannweite mit zwei steifen gußeisernen



Die aus 7,8 Cmt. (3" pr.) starken Querböhlen gebildete Fußbahn derselben ruht auf drei Trägern, deren obere, einem Druck ausgesetzte Rahmen mit einem Kreishalbmesser von 50,24 Mtr. (160' pr.) beschrieben und aus je vier gußeisernen Röhrenstücken mit je drei überschobenen Muffen b zusammengesetzt sind, während ihre unteren, ebenso gekrümmten Rahmen aus doppelten schmiedeisernen Schienen bestehen. Beide Rahmen sind an ihren Enden durch gußeiserne Widerlagschuhe, s. Fig. 167, verbunden, in welche die Endröhren des Oberrahmens eingelassen und an welche die Enden der Unterrahmenschienen mittels Querbolzen angehängt sind. Die Vertikalverbindungen beider Rahmen sind zwischen den Zugschienen an durchgehende Querstangen befestigt und mit den Druckröhren, welche sie durchsetzen, bei b, s. Fig. 165, verschraubt. An diese Vertikalstützen sind die zwischen den Rahmen befindlichen Versteifungskreuze mittels besonderer schmiedeiserner Lappen und die nach der Breite der Brücke angeordneten Versteifungskreuze mittels umgekröpfter Enden angeschraubt. Ueber den Röhrenrahmen liegen zwei Windkreuze aus Flachschienen. Ein reiches, gußeisernes Geländer c, s. Fig. 164, sowie je zwei an den Treppenaufgängen angebrachte Postamente mit hohen Kandelabern zieren die Brücke.

Fig. 165.

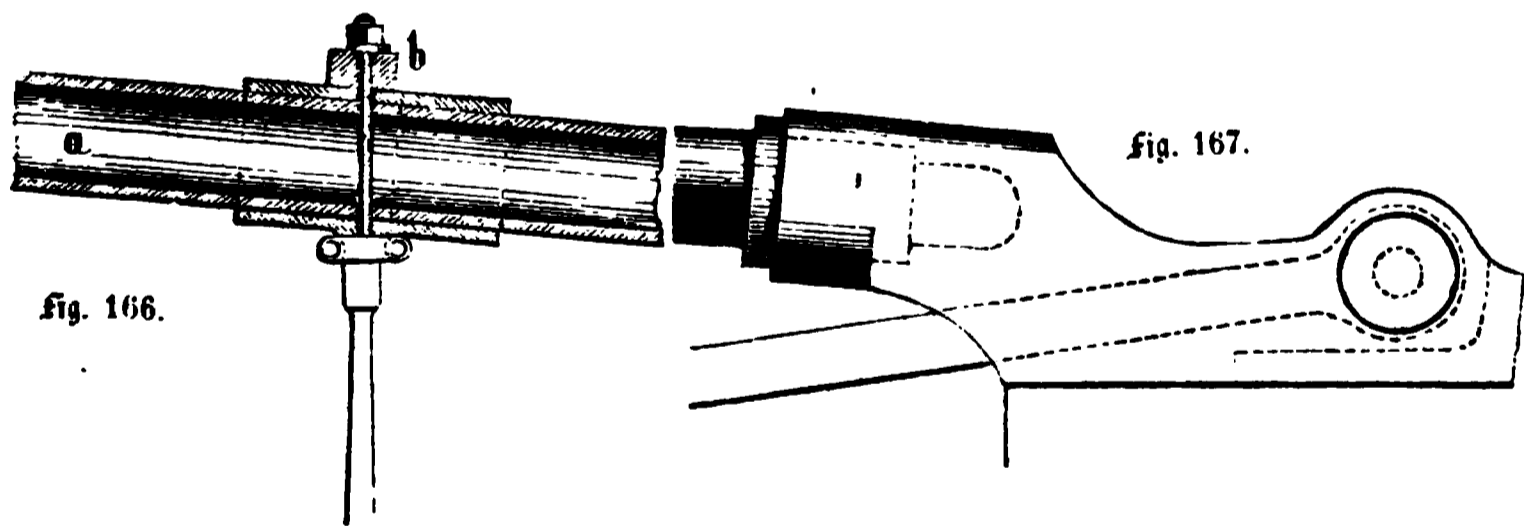
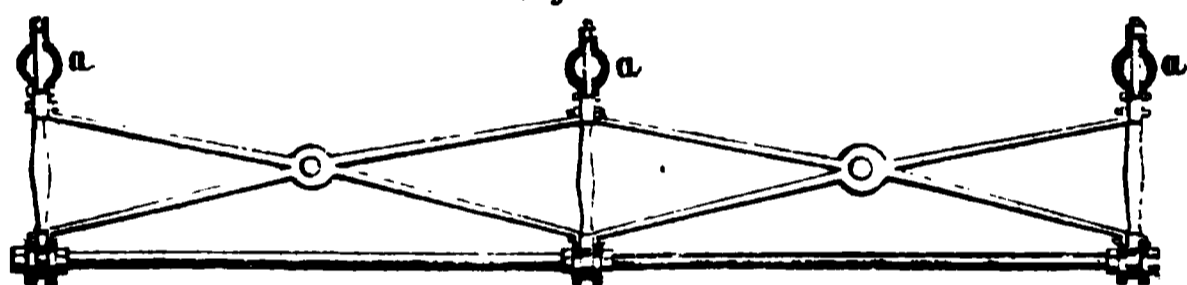


Fig. 165 bis 167. Details zur Fußbrücke über den Stadtkanal zu Potsdam.

Beim Eisenbahnbau fanden in den vierziger Jahren hauptsächlich diejenigen gemischteisernen Brücken Anwendung, welche nach dem Prinzip der Hängwerke mit gußeisernen, polygonalen oder gekrümmten Oberrahmen, schmiedeisernen wagrechten Unterrahmen und lothrechten Hängstangen oder auch nach dem Prinzip der Sprengwerke mit gußeisernen polygonalen oder gekrümmten Stützbogen und schmiedeisernen Zugstangen zur Vernichtung des Horizontalzugs gebildet waren.

Zu den ersteren gehören mehrere, in den Jahren 1843 bis 1845 erbaute Brücken der badischen Eisenbahn, worunter die im ersten Kapitel dieses Abschnitts *Seite 125*, beschriebene Brücke über die Alb bei Beiertheim mit ihren Streben und Spannriegeln, wagrechten und lothrechten Zugstangen, ferner die auf *Seite 124* dargestellte Brücke über den Rhein mit gußeisernen, mittels lothrechtcr, schmiedeiserner verbundenen, Gurtungen, deren obere gebogen, deren untere vorzuheben sind. Zu den letzteren gehören die um dieselbe Zeit erbauten Bahnen mehrfach ausgeführten und im ersten Kapitel dieses Abschnitts *Seite 126 und 127*, beschriebenen Sprengwerke mit geraden Spannriegeln aus Gußeisen, sowie wagrechten und lothrechten eingeschalteten Diagonalstangen aus Schmiedeisen.

Im Jahr 1846 fällt die Erbauung der ersten, in dem dritten Kapitel dieses Abschnitts beschriebenen, eisernen Gitterbrücke auf der Niederschlesischen Eisenbahn über die Neiße bei Guben, mit Gurtungs-Schienen und flachen, untereinander verschlochtenen Gitterstäben zur Herstellung auch gemischteiserner Gitterbrücken mit Rahmen, schmiedeisernen Unterrahmen und Gitterstäben wurde. Diese, im zweiten Geleise der Köln-Mindener Bahn über die Ruhr erbaute, Gitterbrücke, welche, da die gemischteisernen Gitterbrücken eine sehr vorübergehende Entwicklungsstufe in der Konstruktion der Eisenbrücken bilden, im dritten Kapitel dieses Abschnitts beschrieben sind, in der Hälfte der vierziger Jahre wandte man sich bereits dem Bau der schmiedeisernen Gitterbrücken zu, wie bei der im Jahre 1848 über die Saale bei Grizehna in der Magdeburger Eisenbahn.

In der ersten Hälfte des vierziger Jahrzehnts gelangten dagegen gemischteisenbrücken dem auf *Seite 132 bis 134* betrachteten System des belgischen Neville, vorzugsweise in Oesterreich, zur Ausführung. Näheren auf der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn über Brerau ⁶⁸⁾ erbaute Brücke mit fünf Oeffnungen von 19,91 r.), die in Gumpendorf bei Wien über die Wien erbaute Brücke mit 20,22 Meter (61' österr.) Spannweite, die gleichfalls über die Brücke vor dem Karolinenthor in Wien mit 36,17 (109' österr.) Spannweite und die Brücke über die Elbe bei Leititz mit 40,92 Meter (129 1/2' österr.) Spannweite.

Die erste Brücke über den Betsch bei Brerau besteht aus fünf Oeffnungen, deren jede drei Tragwände für ein Geleise besitzt. Diese werden, außer von den Gurtungen und deren Verbindungs-

stäben, von zwei horizontalen Zwischengurtungen gebildet, auf deren die Querschwellen mit den Längsschwellen und Fahrschienen und einem belag ruhen, und deren untere, wegen der nach den Auflagern hinmenden Ansprunghahme der Streben, nur in der Nähe dieser Auflagbracht, also in der Mitte weggelassen sind. Die Dicke der Stäbe betrug der Breite der Brücke 3,29 Cmt. (15" österr.), während ihre Breite Länge der Brücke von 3,96 Cmt. (18" österr.) in der Mitte derselben zu 5,27 Cmt. (24" österr.) an den Auflagern derselben wächst. Die Verbindungen der Tragwände bestehen in Horizontal- und Diagonalen, welche durch Verstrebungen derselben an den Auflagern unterstützt werden. Die Verbindungen der Stabenden mit den Streckschienen und gußeisernen Brücken ergeben sich aus den Fig. 168 bis 171 und zeigen ein noch vollkommenes Verständniß der in diesen Trägern sich vollziehenden Uebertragung der angreifenden Kräfte, sowohl durch die Gurtungen von ihren Enden ihrer Mitte, als auch durch die abwechselnd gedrückten und gezogenen, dennoch gleichartig behandelten Stäbe von der Mitte nach den Auflagern.

Fig. 168.

Fig. 169.

Fig. 170.

Fig. 171.

Fig. 168 bis 171. Details der Brücke über den Betsch bei Perran.

Muß schon die hier angewandte Kombination des Guß- und Schmiedeeisens hinsichtlich deren verschiedener Längenveränderungen bei Tempelwechsel bedenklich erscheinen, so erweist sich die Einschaltung der gußeisernen Füllstücke auch in der unteren, nur einem Zug ausgesetzten, Gurtung als vollkommen unnütz. Außerdem bieten weder die Querbolzen, noch die seitlichen Antröpfungen der Stäbe am Inneren der Gurtungen die erforderliche Verbindung der Gurtungen mit den gedrückten Stäben. Die Vermeidung dieser Fehler erfolgte durch das auf Seite 134 bis 136 betrachtete Walzen-System in England, welches ebensowol auf gemischteisernen, als auf schmiedeeisernen Brückenträger angewandt wurde und auch in Deutschland bei der im dritten Kapitel dieses Abschnitts beschriebenen, schmiedeeisernen Brücke über die Ebn bei Oberlahnstein in den Jahren 1863 und 1864 eine weitere Ausbildung erfahren hat.

Auf die gemischteisernen Neville-Brücken folgten in Deutschland die gemischteisernen, nach Schiffhorn's privilegirtem sogenanntem kompensirtem Kreuzverspannungs- und Verstreibungs-System ausgeführten, Brücken, wozu die während der Jahre 1857—1858 in der Linie der Süd-Nord-deutschen Verbindungsbahn erbaute eingeleifige Brücke über den Iserfluß bei Katsau⁶⁰⁾ in der Nähe der Stadt Turnau, s. die Figuren 172 bis 182, gehört.

Diese Brücke hat sieben Oeffnungen von je 24,65 Mtr. (78' österr.) lichter Weite mit, über den Pfeilern abgesetzten, Ueberbrückungen. Jede dieser letzteren besteht wieder aus drei gekuppelten Tragwänden auf jeder Seite, welche durch niedrigere, ihnen ähnlich konstruirte, Traversen verbunden sind. Ueber diesen liegen zwei Längsschwellen, welche die Querschwellen mit den Fahrschienen und dem Bohlenbelag aufnehmen. Jede der erwähnten Tragwände wird durch zwei übereinander liegende Kreuzreihen gebildet, deren obere, mittlere und untere Längenverbindung aus wagerechten doppelten Längenschienen, deren Höhenverbindung aus einfachen lothrechten Hängbolzen und deren Kreuzverbindungen aus gußeisernen, in den Kreuzungspunkten stumpf zusammenstoßenden, durch gemeinschaftliche schmiedeeiserne Centrubolzen verkuppelten Streben bestehen.

Zur Vermehrung der Druckfestigkeit sind gußeiserne Füllstücke auch in die obere Gurtung eingelassen. Mit Hülfe der schmiedeeisernen Längenverbindungen sollen durch das Anziehen jener Hängbolzen die eingeschalteten Gurttheile in gegenseitigen Schluß gebracht und hierdurch die gleichmäßige Anspruchnahme aller Bestandtheile oder deren „Kompensation“ erreicht werden. Eine ähnliche Kompensation wird in den Traversen beabsichtigt, deren gußeiserne, mit Centrubolzen versehene Kreuzverbindungen durch je zwei obere und untere Längenschienen und je zwei Hängbolzen unter sich verspannt werden. Eine Seitenversteifung wird

durch wagerechte, zwischen den oberen Rahmen der Traversen angebrachte diagonale Zugstangen bewirkt

*fig. 173.**fig. 176.**fig. 177.**fig. 175.*

Nach dem Votum des zur Begutachtung dieses Brückeneinsturzes aus Mitgliedern des österreichischen Ingenieurvereins niedergesetzten Comités erfolgte ~~nachfolgende~~ die allzugroße Inanspruchnahme einzelner Theile, wobei als Anordnungen des Systems die gleichzeitige Anwendung des bei Veränderungen sich verschieden verlängernden Guß- und Schmied- eise- Zerstückelung der Stemmgurten und Kreuzstreben, und man- einbindung dieser letzteren mit den Spanngurten bezeichnet werden. als Uebelstand hervorgehoben, daß die Brücken nach dem Schif- fsystem fortwährender, strenger Ueberwachung bedürfen und auf vorgeannten Mißstände von der Majorität dieses Comités Schif- den zu Eisenbahnbrücken im Prinzip für unbedingt verwerflich

gemischteisernen Brücken der Vereinigten Staaten von Nordamerika.

Die eisernen Brücken Nordamerika's sind vorwiegend Balkenbrücken, und diese mit geraden parallelen Gurten oder mit einer gekrümmten, oberen und einer geraden, gewöhnlich unteren Gurtung. Die ersten theils Nachbildungen ihrer Gitter- und Fachwerk-Konstruktionen nach den Systemen Long und Howe, theils Fortbildungen derselben Parallelträger von Wendel Bollmann und Albert Fink, sowie auch Bogen-Konstruktionen in Holz nach den Systemen Howe und Brown.

gemischteisernen Parallelträger. Die hölzernen Parallelträger der Vereinigten Staaten Nordamerika's entwickelten sich, merkwürdig genug, nach Europa dahin übertragenen hölzernen Bogenträger, welchen der Burr mit einer Versteifungskonstruktion ausgefüllt und dadurch Festigkeit erhöht hatte. Dieses, durch die von ihm bereits im vordem- bert ausgeführte Bogenhängwerkbrücke über den Delaware bei Philadelphia repräsentirte System, welches gleichsam den Uebergang von den Bogen-Konstruktionen Gauthier's und Wiebeking's zu eisernen Gitter- und Fachwerk-Konstruktionen bildet, gab nämlich die Veranlassung zur Herstellung von hölzernen Bogenkonstruktionen, deren Verstärkung der mit den Strebballen verbundenen Bogenenden, reicht bis zu den Strebballen herabgeführt, sondern flacher gestaltet und die letzteren durch eine Versteifungskonstruktion aus Pfosten und Balken verbunden wurde. Die Brücke über den Desplain bei Joliet, am Verbindungskanal des Michigan-See mit dem Illinois giebt ein Beispiel dieser Modifikation und bildet den Uebergang von den eisernen eigentlichen Gitter-Brücken (truss bridges) der Amerikaner,

welche statt jenes oberen flachen Holzbogens einen geraden Strect und schon frühe sehr verbreitet waren, deren Erfinder aber unbekannt ist. Die Brücken bei Washington sind mit dieser Veränderung versehen, welche zwei parallele Rahmen, welche durch Pfosten und, nach unten hin abwärts geneigte, Streben verbunden sind. Die Verbindungen, welche sich als unzureichend erwiesen, verbesserte nach und nach Stephen Long, indem er, zwischen den doppelten Pfosten durch dieselben durch Holznägel verbundene, Gegenstreben hinzufügte. Später, jedoch ohne praktischen Erfolg, durch schmiedeeiserne Bänder. Da diese Gegenstreben auch auf Zug zu widerstehen konnten, nannte Long diese Brücken suspension bridges und nahm das Patent⁷¹⁾, welchem er im Jahre 1841 eine Beschreibung der Brückenkonstruktion folgen ließ. Der erste Schritt von der ausschließlichen Anwendung des Holzes zu der gleichzeitigen Anwendung des Eisens beim Bau der Parallelträger wurde von Howe gethan, welcher die Pfosten der Long'schen Brücken durch schmiedeeiserne Zugstangen in Verbindung dieser mit den Streben, Gegenstreben und Strecten einen eichenen Klotz bewirkte, dem später ein gußeiserner Schuh folgte.

Eine vollständige Nachbildung des Howe'schen Fachwerks aus Eisen zeigt die in den Figuren 183 bis 191 dargestellte Strömungsbrücke über einen Kanal in der Lehigh Avenue in Philadelphia. Die Spannweite von 30,48 Mtr. (100' engl.), zwei Fahrwege von 19' engl.) und zwei Fußwege von 2,74 Mtr. (9' engl.) Breite. Die Fahrbahn wird von drei gleichen, 2,28 Mtr. (7½' engl.) hohen Pfeilern (20' engl.) im Mittel von einander entfernten, in je 20 Felder von 5' 1½" engl.) Länge getheilten Fachwänden getragen, deren oberer Teil aus, in Längen von je drei Feldern stumpf gestoßenen und verschraubten Eisenstücken a mit umgekehrt U-förmigem Querschnitt und deren unterer Teil aus vier, in ihren versetzten Stößen durch einseitige Laschen (gedeckt 4" engl.) hohen, 1,25 Mtr. (½" engl.) starken Flachstäben b mit kreuzförmigen, bisweilen auch ringförmigen, Hauptstreben d und e, welche bei kleineren Howe'schen Brücken gewöhnlich aus Eisen gebildet sind, bestehen hier aus Schmiedeeisen und stützen die oberen Enden gegen Ansätze der oberen, mit ihren unteren Enden auf eiserne Blöcke auf der unteren Gurtung. Die lothrechten Hängestangen f paarweise angebracht und haben in allen Feldern einen Durchmesser von 1½" engl.) Auf jedem Feld der unteren Gurtung zwei Querschwellen, welche, wie der halbe Querschnitt in Fig. 183 zu sehen, längere Längsschwellen für jede Fahrbahn und vier schwächere Längsschwellen

Zweites Kapitel. Die ger

eine Straßenbrücke über den Rod-Gr
Georgetown mit einer Oeffnung vo
weite und die Eisenbahnbrücke über den I
und Esser-Bahn⁷⁶⁾ mit drei Oeffnu
Spannweite.

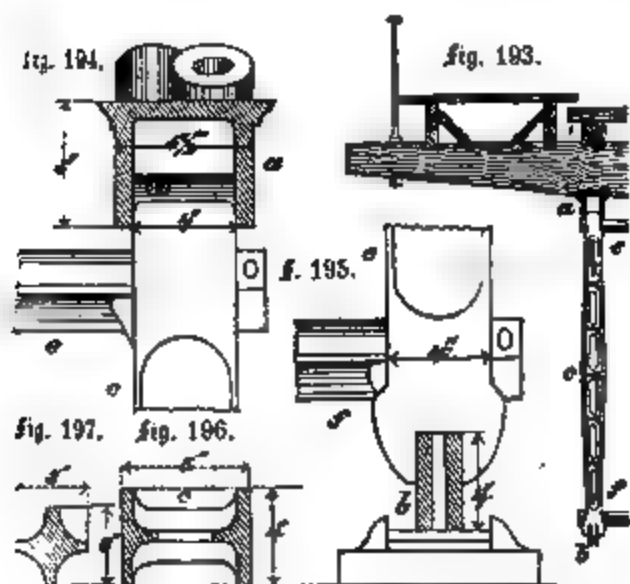


Fig. 192 bis 197. Wegüberführung üb

Die zuerstgenannte Wegüberbrücke
vollkommen gleiche, 2,13 Mtr. (7' eng
einander entfernte, in je 13 Felder vo
Träger, deren obere Gurtung aus, i
zwischen den Pfosten gestoßenen, an den
eiserne Platten gedeckten, gußeisernen Si
zwei Flachstäben b von 10 Cmt. (4" eng
Stärke besteht. Die gußeisernen Vertika
brochenen I-förmigen Querschnitt, s. Fig
in die obere Gurtung eingesetzt, s. Fig.
ihr unteres Ende eingelassen ist, s. Fig.
Verstärkungen angegossen, welche die an
kreuzförmigem Querschnitt, s. Fig. 19
stehenden Seitenversteifungen aufnehme
tenrippen der oberen Gurtung und de
angebrachten Diagonal-Zugbänder d sin
und Bolzen, an den oberen Enden du
gleich gespannt werden können, gehalten
Querschwellen, auf welchen die Langsch
Fahrbahnen und Bankette ruhen.

Die um 1,07 Mtr. (3 $\frac{1}{2}$ ' engl.)

unteren Gurtung ist ein dreifaches System von schmiedeisenen Flachschienen, welche sich in den Durchbrechungen der Vertikalständer kreuzen, durch Bolzen befestigt. Unter den Querträgern befinden sich die, auf die Länge der Brücke sechs Kreuze bildenden Windbänder, die an ihren Enden mit den Schienen der unteren Gurtung verbolzt, in ihren Kreuzungspunkten durch einen Ring mittels Schraubenmuttern, s. Fig. 208, regulirbar vereinigt sind. Ueber den Querträgern liegt ein einfacher, 7,5 Cmt. (3" engl.) starker Diagonalbohlenbelag bei den Fahrbahnen und Längsbohlenbelag bei den Banketten, der an den beiden Seiten der Fahrbahnen durch Winkelschienen, am Rande der Bankette durch ein, nach dem Prinzip der Tragwände konstruirtes Geländer eingefast ist. Nach der Berechnung *C u l m a n n*'s⁷⁷⁾ beträgt der größte Druck des Gußeisens in den Kopfschienen 616 Kilogr. pr. □ Cmt. (8782 Pfd. pr. □" engl.), welcher die, in der Tabelle auf Seite 74 angegebene, erlaubte Anspruchnahme von 1600 Kilogr. pr. □ Cmt. nicht erreicht, der größte Zug in den Fußschienen 1604 Kilogr. pr. □ Cmt. (22844 Pfd. pr. □" engl.), welcher die in derselben Tabelle angegebene erlaubte Anspruchnahme von 1340 Kilogr. pr. □ Cmt. um 264 Kilogr. überschreitet; der größte Druck in den gußeisernen Vertikalständern an den Auflagern, wenn man die zufällige Belastung der Fahrbahn zu 244 Kilogr. pr. □ Mtr. (50 Pfd. pr. □' engl.) annimmt, 270 Kilogr. pr. □ Cmt. (3824 Pfd. pr. □" engl.), was die angegebene erlaubte Anspruchnahme von 1600 Kilogr. pr. □ Cmt. also nicht überschreitet; der größte Zug in den schmiedeisenen Zugbändern an den Auflagern 1122 Kilogr. pr. □ Cmt. (15960 Pfd. pr. □" engl.), was die angegebene erlaubte Anspruchnahme zwar nicht erreicht, aber, besonders wenn mäßige Erschütterungen überschritten werden, als eine bedeutende Anstrengung der Zugbänder zu bezeichnen ist. Aus dieser Vergleichung folgt, daß einzelne Theile der *N i d e r*'schen Brücke nicht nur sehr ungleich, sondern auch zu stark angestrengt, mithin zu schwach gegriffen erscheinen. Es ist daher erklärlich, warum bei einigermaßen bedeutenden Belastungen von den Brücken, welche *N i d e r* aus ökonomischen Gründen über eine Schablone und mit möglichst geringem Materialaufwand konstruirte, einige einstürzten, wie es bei einer solchen Brücke der *N e w*-*Y o r k*-*E r i e*-*B a h n* von 18,89 Mtr. (62' engl.) Spannweite bei dem Passiren eines schweren Güterzugs, wahrscheinlich infolge zu schwach konstruirter unterer Gurtungsschienen, geschah.

Die oben erwähnte Eisenbahnbrücke über den *P a s s a i c*, s. Fig. 209 bis 212, ist zweigeleisig und hat drei, 3,66 Mtr. (12' engl.) von einander abstehende kontinuierliche Träger, welche, da jene im Inundationsgebiet des Flusses liegt, auf gußeisernen gefuppelten Säulen und untergelegten Granitquadern ruht. Der Oberrahmen derselben besteht aus zwei gußeisernen, durch Querrippen verstärkten Winkelschienen *a*, der Unterahmen aus zwei Flachschie-

nen b, welche durch gußeiserne Vertikalständer c, von der bei der Brücke in Bergen auf Seite 149 beschriebenen Form, auseinandergehalten und durch ein zweifaches System von diagonalen, an den Enden durchösen und Bolzen mit den Rahmen verbundenen Flachschieben d durch Antreiben der, zwischen die Vertikalständer

annt werden.
a Querschnitt
den über den
n. Zur Ver-
liegende ver-
n zwischen den
pfen der Ver-
jitter f und g.

Fig. 209.

(s. bei Newark.)

) Emtr. (12"
oberen Gur-
auf denen die

erbindung der
ßerer Leichtig-
von Parallel-
t = Canada =
) Spannweite
nde wird von
6,7 Mtr. (22'
gußeisernen,
nen Röhren a

von gleicher Stärke, und deren untere Gurtung aus schmiedeeisernen, nach der Mitte hin an Stärke zunehmenden Schlingen *b* besteht. Beide sind durch Pfosten *c*, welche aus hohlen gußeisernen, durch vier schmiedeeiserne Spannstrangen gegen das Ausbiegen versteiften Säulen, s. Fig. 219, bestehen und in der Mitte für den Durchgang der diagonalen Spannstrangen durchbrochen sind, und paarweise angebrachte diagonale Spannstrangen *d*, die oben an den Verbindungsbolzen der oberen Gurtungsrohren hängen und unten durch die Füße der Pfosten gehen, wo sie durch Schrauben angespannt werden können, verbunden. Die Hauptspannstrangen nehmen von der Mitte nach den Enden hin an Stärke zu, während die nur in den mittleren sechs Feldern angebrachten, sich mit jenen unter rechten Winkeln kreuzenden Gegenspannstrangen gleiche Stärke haben. Die hölzernen Querträger sind durch Schraubenbolzen an die Füße der vertikalen Pfosten *c* angehängt und nehmen die Längsschwellen mit den Fahrseilen auf. Die Seitenversteifungen sind zwischen den oberen Gurtungen, wo sie aus gußeisernen Querstücken und aus, mit Schraubenschlössern versehenen, diagonalen Spannstrangen *l* bestehen, sowie unter der Fahrbahn angebracht, wo solche diagonale Spannstrangen über den Querschwellen liegen.

Eine andere Whipple'sche Brücke⁷⁹⁾ mit geraden parallelen Rahmen führt die Northern-Albany-Bahn bei West-Troy über den Erie-Kanal, besitzt eine Spannweite von 45,66 Mtr. (149,8' engl.) und zwei 4,65 Mtr. (15 $\frac{1}{4}$ ' engl.) von einander entfernte, 6,52 Mtr. (21,4' engl.) zwischen der Mitte der Gurtungen hohe Tragwände für ein Geleise. Die Rohren ihrer oberen Gurtungen haben 21,25 Cmtr. (8 $\frac{1}{2}$ " engl.) Durchmesser und 1,56 Cmtr. ($\frac{5}{8}$ " engl.) Wandstärke, mithin einen Gesamtquerschnitt von 193,25 □ Cmtr. (30,92 □" engl.). Die Schlingen der unteren Gurtung haben in der Mitte 5,9 Cmtr. (2 $\frac{3}{8}$ " engl.) Durchmesser, also 221,5 □ Cmtr. (35,44 □" engl.) Querschnitt, welcher bis auf 88,31 □ Cmtr. (14,13 □" engl.) abnimmt und in den einfachen, 4,37 Cmtr. (1 $\frac{3}{4}$ " engl.) im Durchmesser haltenden Schrauben an den Enden nur 60,12 □ Cmtr. (9,62 □" engl.) beträgt. Die schrägen Endpfosten haben an ihren Enden 22,5 Cmtr. (9" engl.), in der Mitte 32,5 Cmtr. (13" engl.) Durchmesser, die mittleren Pfosten an den entsprechenden Stellen 12,8 Cmtr. (5 $\frac{1}{8}$ " engl.) und 18,75 Cmtr. (7 $\frac{1}{2}$ " engl.) Durchmesser, daher nach Abzug der Durchbrechungen einen Querschnitt von 50 □ Cmtr. (8 □" engl.)

Infolge der ungemeinen Leichtigkeit der Whipple'schen Brücken, welche selbst von den amerikanischen Ingenieuren beanstandet wird, unterwarf das Eisenbahn-Kommissariat des Staates New-York dieselben einer näheren Prüfung auf ihre Tragfähigkeit. Eine Belastung derselben mit 7560 Kilogr. p. lfdn. Mtr. (5000 Pfd. p. l.' engl.) einschließlich des Eigengewichts bringt in der Mitte der oberen Gurtung eine Pressung von 291210 Kilogr. (642000 Pfd. engl.)

oder 1502 Kilogr. p. □ Cntr. (20700 Pfd. p. □" engl.) hervor, die nach Hodgkinson bei Röhren von 3,28 Mtr. (10,7' engl.) Länge und dem angegebenen Durchmesser dem dritten Theil des Bruchgewichts entspricht und nur bei ruhenden Lasten noch zulässig erscheint. Die untere Gurtung erleidet bei der angegebenen Belastung in der Mitte eine Spannung von 291210 Kilogr. (642000 Pfd. engl.) oder 1306 Kilogr. p. □ Cntr. (18000 Pfd. p. □" engl.), wobei zu berücksichtigen ist, daß das Eisen in den Schlingen wegen der Schweißungen an Widerstandsfähigkeit verloren hat. Die diagonalen Spannstrangen, deren Durchmesser von 3,75 bis 4,7 Cntr. ($1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{7}{8}$ " engl.) variiren, sind ebenfalls bis zu 2768 Kilogr. p. □ Cntr. (17300 Pfd. p. □" engl.) gespannt, woraus folgt, daß der Träger unter jener Belastung bis nahe zur Elastizitätsgrenze angestrengt ist.

An die vorbezeichneten amerikanischen Systeme der Parallelträger der neueren Zeit schließt sich ferner dasjenige, welches einen Uebergang der Parallelträger zu den Hängebrücken bildet und von Wendel Bollmann außer bei vielen anderen Brücken der Baltimore-Ohio-Bahn an der über den Potomac bei Harpers Ferry⁸⁰⁾, s. Fig. 221 bis 225, führenden Brücke dieser Bahn von 37,8 Mtr. (124' engl.) Spannweite zur Ausführung gebracht wurde. Die beiden 5,49 Mtr. (18' engl.) hohen Tragwände dieser eingleisigen, im Jahre 1852 vollendeten und geprüften, Brücke bestehen aus je acht gleichen, voneinander unabhängigen, dem Felde einer Fachwerkbrücke ähnlichen Theilen. Jeder dieser Theile ist an den beiden unteren Endpunkten durch zwei besondere Zugbänder dk, ei, fh, gg aufgehängt, die an den Enden eines 39 Mtr. (128' engl.) langen gußeisernen, zur Vernichtung des von den Auflagern nach der Brückenöffnung hin gerichteten, Horizontalschubs bestimmten, unter dem Namen Winchester-Span bekannten, Spannbalkens befestigt sind. Diese Zugbänder haben an dem unteren Ende eine Dese, an dem oberen Ende, zum Anziehen derselben, eine Schraube mit Mutter und bestehen die längeren derselben aus mehreren durch Desen und Bolzen verbundenen Kettingliedern. Der gußeiserne Spannbalken ist hohl, außen achteckig, innen rund mit 2,5 Cntr. (1" engl.) Wandstärke und besteht aus Stücken von der Länge eines Brückenfeldes, welche durch abgedrehte, zapfenartige Ansätze und diesen entsprechende, genau ausgedrehte Zapfenlöcher untereinander verbunden sind.

Zur Befestigung der Hängstrangen sind an den Enden des Spannbalkens zu beiden Seiten gußeiserne Platten angegossen, durch welche auf jeder Seite drei Zugbänder gehen und durch Schraubenmuttern die erforderliche Spannung erhalten. Die einzelnen Fache bestehen aus gußeisernen, am Spannbalken befestigten, an den Durchgangspunkten der Hauptzugbänder durchbrochenen Säulen b, horizontalen, an deren Fuß befestigten Zugbändern und je zwei, durch Schraubenschlösser regulirbaren, doppelten Diagonalbändern c.

Fig. 223.

Fig. 221

Die Befestigung des Vertikalpfostens an dem Spannbalken ist durch einen Rundzapfen, der zur Hälfte an jedes zweier zusammenstoßender Spannbalkenstücke angegossen ist und in ein entsprechendes, gleichfalls angegossenes Loch des Pfostens paßt, sowie durch je zwei senkrechte Bolzen, s. Fig. 224, bewirkt. Durch den unteren Theil dieser Pfosten geht ein starker Querbolzen, der die Desen der Haupt-, Diagonal- und Horizontal-Zugbänder, sowie der Hängeisen für die hölzernen Querträger der Fahrbahn aufnimmt. Diese Querschwellen tragen die Langschwellen mit den Fahrschienen und sind durch ein, aus zwei schmiedeisernen Hängstangen und einer kurzen gußeisernen Mittelstütze gebildetes Hängwerk, s. Fig. 223, von unten abgesteift. Gußeiserne, zwischen den Stößen der Spannbalken befestigte Querstücke und schmiedeiserner, über die Spannbalken geschraubte Diagonalbänder o. stellen die Seitenversteifung her. Die Längenveränderungen des Spannbalkens durch Temperaturwechsel sind zu 1,56 Cmt. ($\frac{5}{8}$ " engl.) beobachtet und dadurch unschädlich gemacht worden, daß die Enden des Spannbalkens auf gußeiserne Schiebepplatten aufgeschliffen sind, worauf sich jedes derselben um 0,78 Cmt. ($\frac{5}{16}$ " engl.) verschieben kann. Auch die gleichmäßige Spannung der Hauptzugbänder hat durch Temperaturwechsel nicht gelitten, indem die Längenänderung derselben der Länge eines jeden Stückes oder Brückensegels proportional ist. Als besondere Vortheile dieses Systems hebt der Erbauer die Leichtigkeit, womit sich an dieser, gleichsam aus zwei Systemen zusammengesetzten Brücke bei Reparaturen jedes einzelne System lösen und spannen lasse, ohne den Einsturz herbeizuführen, sowie die konstruktive Trennung der Eisen- und Holztheile hervor, wodurch die Brücke bei etwa eintretendem Brand des Holzwerks weniger als jede andere Brücke zu leiden haben würde. Nach dem Bericht Parker's, des mit der Prüfung dieser Brücke betrauten Oberinspektors der Baltimore-Ohio-Bahn, brachten drei Güter-Lokomotiven erster Klasse mit drei Tendern von 137 Tonnen Gesamtgewicht oder über 1 Tonne Gewicht für den laufenden Fuß Brückenbahn, mit einer Geschwindigkeit von acht Meilen in der Stunde auf die Brücke gefahren, wobei sie fast die ganze Brücke bedeckten, eine Durchbiegung von 3,4 Cmt. ($1\frac{3}{8}$ " engl.) in der Mitte und von 1,4 Cmt. ($\frac{9}{16}$ " engl.) an den Endpfosten hervor.

Bei den, mit einer nach demselben System in der Washingtoner Zweigbahn erbauten Brücke von 23,16 Mtr. (76' engl.) Spannweite durch Parker angestellten Versuchen, wobei zwei rückwärts gegen einander gestellte Maschinen mit Tender im Gesamtgewicht von $77\frac{1}{2}$ Tonnen die Brücke mit 48 Tonnen p. 36 lfd. Fuß, oder mit $1\frac{1}{3}$ Tonnen p. lfd. Fuß Brückenbahn belasteten, betrug die Durchbiegung in der Mitte bei 20 Meilen Fahrgeschwindigkeit nur 2,2 Cmt. ($\frac{1}{16}$ " engl.); ein Resultat, welches bei der stückweisen Zusammensetzung der Brückentheile als ein günstiges zu bezeichnen ist. Auch hat ein mehrjähriger Betrieb, bei dem täglich mehr als 20 Züge über



zugleich zur Aufhebung des von den Auflagern nach der Mitte wirkenden Horizontalschubes bestimmt sind. Die in Fig. 226 nach der Quersicht dargestellten gußeisernen, unter sich durch einen gußeisernen Bogen verbundenen Endständer *h* übertragen die Gesamtlast der Brücke auf die Pfeiler.

Wo genug lichte Höhe unter der Fahrbahn vorhanden ist und diese auf die Träger gelegt werden kann, läßt sich die untere Gurttung ganz weg und erhält das Konstruktionsystem, welches, außer an vielen andern, an der in Figur 228 und 229 dargestellten Brücke der Baltimore-Ohio-Bahn über den Wheeling-Creef von nur $22\frac{1}{2}$ Mtr. (75' engl.) Spannweite zur Ausführung gekommen ist. Die auf Langschwellen genagelten Fahrscienen dieser Brücke und Bankette ruhen mittels gußeiserner Querträger, beziehungsweise Konsolen, auf je zwei gußeisernen, an ihrem unteren Ende durch gußeiserne Querrippen nochmals verbundenen, Vertikalpfosten, welche nach der Länge der Brücke oben durch wagerechte gußeiserne Röhrenstücke *a* verbunden sind. Die Uebertragung der Last auf die Stützpunkte erfolgt durch die schmiedeeisernen Zugbänder *d*, *g*, *h* in einer der zuvor beschriebenen ähnlichen Weise und dienen die Spanndrähte *h* nur zur weiteren Versteifung der Vertikalpfosten unter sich. Die Röhrenstücke des oberen Spannbalkens, außen achteckig, innen rund mit

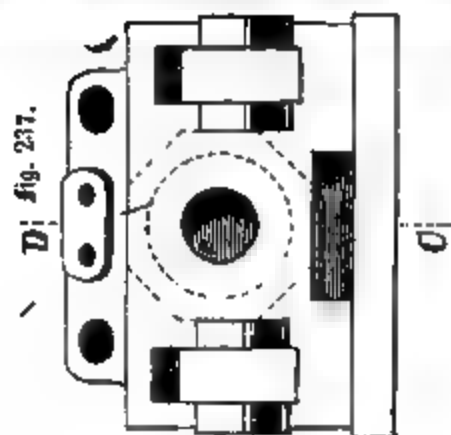
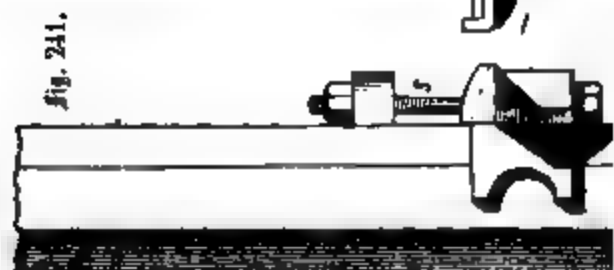
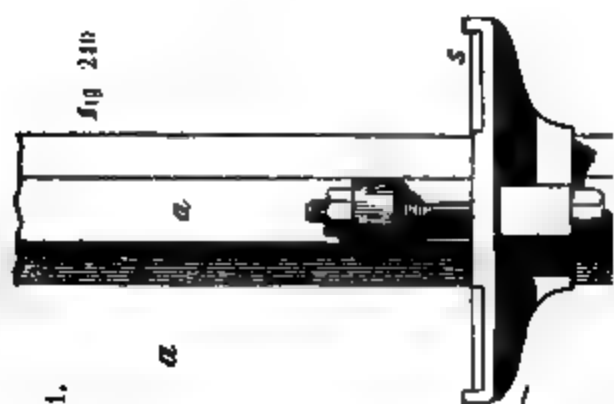


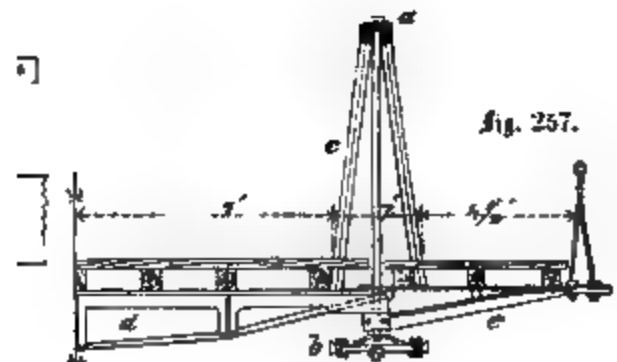
Fig. 238.

2. Die gemischteisernen Bogenträger. Die durch Fachwerk versteiften Bogenbrücken waren die ersten, von den Amerikanern im Anschluß an die europäischen Holzbogenbrücken von Gauthier und Wiebeking ausgeführten Konstruktionen in Holz, wie dieses die bereits im vorigen Jahrhundert vongeführte Bogenhängwerkbrücke über den Delaware bei Trenton, wobei der unversteifte Bogen mit dem amerikanischen Fachwerk ist. Das letztere erscheint dabei in der Form schmiedeiserner, durch ein Schraubenschloß regulirbarer Hängstangen und hölzerner, mitte hin abwärts geneigter Streben. Die Entwicklung der Longspan-Brücken, bei welchen die senkrechten Verbindungstheile der parallel als gedrückte, die nach der Mitte hin abwärts geneigten Verbindungsstange als gezogene ausgebildet waren, mag alsdann in Verbindung mit versteiften Bogenkonstruktionen Burr's die Veranlassung zu dem in Schmied-Eisen ausgebildeten, durch Fachwerk versteiften, Bogenbrücke von Murphy Whipple⁸²⁾ gegeben haben, bei welchem die obere Form eines in eine Parabel eingeschriebenen Polygons hat und durch den Seitenschub an den Enden mit der untern Gurtung verbunden, während zwischen beiden Gurtungen ein System von vertikalen und diagonalen Spannbolzen angebracht ist. Das System ist wegen seiner Einfachheit hauptsächlich bei Straßenbrücken vertreten, unter welchen wir die über den Newyork-Erie-Kanal bei Buffalo mit einer Spannweite von 21,94 Mtr. (72' engl.), bei Rochester mit einer Spannweite von 15,59 Mtr. (51' 2" engl.) und bei Albany mit einer Spannweite von 14,64 Mtr. (48' engl.) hervorheben.

Die vorgenannte Brücke, s. Fig. 243 bis 253, besitzt einen Fahrweg von 18' 4" engl. und zwei Fußwege von je 1,83 Mtr. (6' engl.) auf beiden Seiten, welche von zwei der beschriebenen, zwischen Fahrbahn und Gehweg angeordneten Bogenrippen getragen werden. Die obere Gurtung der Bogenrippen ist aus gußeisernen, durchbrochenen, nach dem Fuß hin zur Erreichung der Stabilität verbreiterten Gliedern, s. Fig. 244 und 248, mit T-förmigem Querschnitt, s. Fig. 247, gebildet, welche stumpf zusammenstoßen und nur von den durchgehenden Schrauben der hier aus Rundeisen bestehenden Vertikalpfosten c zusammengehalten werden, an deren unteren Enden g gußeiserne Stücke, s. Fig. 51, zur Auflagerung der Querschwellen, sowie zur Befestigung der Verbindungstheile und der Diagonalbolzen dienen. Die Theile b der Unterbrücke bestehen in länglichen, aus Rundeisen zusammengeschweißten Stücken, welche jene, in ovale Zapfen endigende, Fußstücke umfassen, während die Spannbolzen d und e dieselben durchsetzen und so nach Bedürfnis benutzt werden können. Die an den Enden 20 Cmt. (8" engl.), in

Die Träger der eisernen Brücken.

der dende Dorn dient auch zur Befestigung der letzteren nur durch denselben gesteckt und Die Hängeisen hängen oben in hohlen, rein und sind, wo sie einfach sind, mit einem Dorn befestigt, wo sie doppelt sind, gesteckt und mit ihm verschraubt.



im New-York-Erie-Kanal in Rochester.

umfassen mittels dafelbst angebrachter die an diese angeschmiedeten Wulste hn wird von gemischteisernen, in Fig. n, deren Enden verstärkt sind, um in der , daneben das Hängeisen aufzunehmen. nur an einem Ende befestigt und daher, ehend, deren oberer Theil aus Schmied- en hergestellt. Der gußeiserne, streben-

Zweites Kapitel. Die gemischteisernen Brücken

artige Theile umfaßt das Hängeisen c und stemmt sich noch an die obere schmiedeeiserne Platte hängt mit dem inneren Ende aus den Fig. 258 und 259 deutlich hervorgeht, und ist am der gußeisernen Strebe verschraubt. Ueber jenen Querträge sollen der Bankette liegen Längsschwellen, welche die beziehungs- schwächeren Bohlen der Fahr- und Fuß-Bahn aufnehmen.

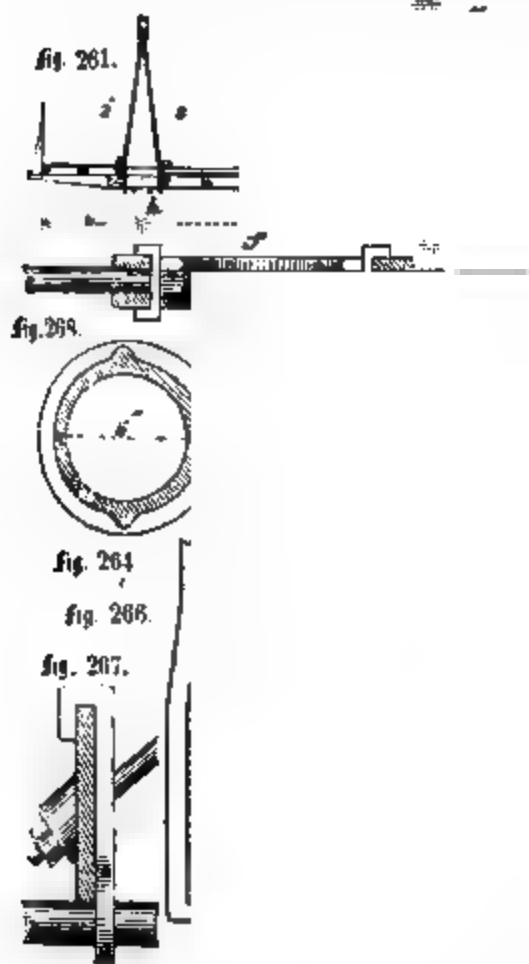


Fig. 260 bis 268. Brücke über den Newpark-Eng-Kanal bei Aft

Die erwähnte Brücke bei Albany, s. Fig. 260 bis 267, ist eine Eisenbrücke mit zwei Fahrbahnen und zwei Fußwege mittels dreier, 4,57 Mtr. (15 Fuß) hoher, an einander entfernter Träger, deren obere Gurtungen aus gußeisernen a von 15 Cmt. (6" engl.) Durchmesser bestehen, die durch Nüssen verbunden sind. Durch diese gehen 12 Stangen zur Herstellung ihrer erforderlichen Stabilität nach unten, die in Fig. 161, 264 und 265, deren 12 in Fig. 265 bis 267 zeigt, die aus Flachstäben von 20 Cmt. (8" engl.) Breite und 1,875 Cmt. ($\frac{3}{4}$ " engl.) Dicke bestehenden sind. Die untere Gurtung b enthält zwei Rundstäbe h von 4,37 Cmt. (1,75" engl.) Durchmesser, welche nach Fig. 265 und 267 an die Quersäulen sind und durch Schraubenschlösser gespannt werden können,

Fig. 265 und 267, durch die Querträger gehen, oben 262 und 263, die Vertikalstäbe umfassen und sich zwischen Fig. 260 und 268, kreuzen, wo man sie mittels Muttern und an den Querträgern hängen mittels Bügeln Lang-Bohlenbelag befestigt ist. Ein leichtes Horizontalgitter aus den Langschwellen zwischen die Querträger, s. Fig. 265, die Längshölzer etwas eingeschnitten. Die Fußbahnträger von 1,25 Cmt. ($1\frac{1}{2}$ " engl.) Stärke und sind an die 261 und 265 zeigt, seitwärts angeschraubt.

Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der gemischteisernen Balkenträger.

Konstruktionsmaterialien der gemischteisernen Balkenträger sind die Kombination des Guß- und Schmied-Eisens in den als eine Uebergangsstufe von dem gußeisernen zum Träger, welche seit den vierziger Jahren zum allmählichen Übergang und der alleinigen Anwendung des Schmiede Eisens zu kommen hat, während in den vereinigten Staaten von Nordamerika die Anwendung beider Materialien zu Balkenträgern von jeher geblieben und die alleinige Anwendung des Schmiede Eisens zu betrachten ist. Der Grund dieser Erscheinung ist die Überlegenheit des in Nordamerika — wo nur die besten Eisenerze nach vielfachen, damit angestellten Versuchen die Zugfestigkeit der Bruchgrenze mindestens zu 1760 Kilogr. p. □ Cmt. (10000 Ltr. p. □" hess.) , diejenige des Schmiede Eisens durchschnittlich zu 8640 Kilogr. p. □" hess.) angeschlagen werden kann — produziert und Gußeisens insbesondere, als auch in den geringeren Preisen an die Festigkeit und Dauer der Brückenträger, sowie in den Bedingungen einer, durch die Anwendung des Gußeisens leichteren und billigen Zusammensetzung derselben zu suchen. Konstruktionsysteme der gemischteisernen Balkenträger sind in Europa außer den Reichenbach'schen Bogenhängen die gemischteisernen Parallelträger mit geschlossenen Wandungen zur Ausführung gelangt sind, während in Amerika die Träger mit geschlossenen Wandungen fast nicht, dagegen die Bogenträger mit offen gebauten Wandungen in großer Anzahl vorkommen. Unter den ersteren werden die Räder'schen zu geringer Abmessungen ihrer Theile und der dadurch bedingten Mehrerer derselben bei Neubauten wenig oder nicht vorkommen, im Konstruktionsystem den Mohr'schen nicht

unähnlichen Parallelträger wegen ihrer Leichtigkeit zu Eisenbahnbrücken mit höheren Tragwänden, welche eine obere und untere Querversteifung zulassen; die *Vollmann'schen*, besonders aber die *Fink'schen* Konstruktionsysteme wegen der Leichtigkeit ihrer Zusammensetzung, Billigkeit ihrer Herstellung und Dauerhaftigkeit ihrer Konstruktion, vorzugsweise bei Eisenbahnbrücken vielfach ausgeführt. Unter den gemischteisernen Balkenträgern mit gekrümmten Rahmen erscheinen die *Whipple'schen* Bogenträger als die vorherrschenden, wenn nicht einzigen, und kommen dieselben vorzugsweise bei Erbauung von Straßenbrücken theils mit verkehrt U-förmigen Ober- und aus Schlingen zusammengesetzten Unter-Rahmen, theils mit röhrenförmigen Ober- und aus durchgehenden Rund-eisen zusammengesetzten Unter-Rahmen, beide aber mit steifen und stabilen Vertikalpfosten und gespannten regulirbaren Diagonalstangen zur Anwendung.

Drittes Kapitel.

Die schmiedeeisernen Brücken.

War bis zu den vierziger Jahren unseres Jahrhunderts das Gußeisen häufig zum Bau eiserner Brücken verwendet worden, so weisen doch nach dieser Zeit einerseits die geringe Zugfestigkeit und die durch Erschütterungen erfahrungsgemäß vermehrte Sprödigkeit desselben, andererseits die verbesserte Fabrikation des Schmiedeeisens und dessen durch Versuche erkannte vorzügliche Eigenschaften der größeren Zähigkeit und Zugfestigkeit auf die alleinige Anwendung des Schmiedeeisens zu Brückenkonstruktionen hin. Zu jener Verbesserung der Fabrikation des Schmiedeeisens hatten *Henry Cort*, welcher in den Jahren 1783 und 1784 auf ein vervollkommnetes Gärben und Walzen Patente genommen hatte, und *Parnell*, welcher in dem Jahre 1787 ein Patent auf ein verbessertes Buddeln und Walzen nahm, wesentlich beigetragen, wodurch zugleich der Preis des Stabeisens bedeutend erniedrigt worden war.

Noch vor Herstellung der bereits erwähnten, im Jahre 1808 von *Brugère* erbauten, auf Druck in Anspruch genommenen Bogenbrücke über den *Crou*, s. S. 106, wendete man sein Augenmerk zunächst hauptsächlich der Zugfestigkeit des Eisens und den hierauf berechneten Hängbrücken zu.

I. Die schmiedeeisernen Hängbrücken.

1. Die ältesten Hängbrücken. Die ersten Hängbrücken finden sich bereits im Anfange des achtzehnten Jahrhunderts bei den Indiern, Chinesen und Amerikanern und waren Seilbrücken, welche entweder aus, über Flüsse oder Schluchten gespannten, Seilen bestanden, längs welchen in daran aufgehängten

balken mit Bohlenbelag bestehend, sollte in der Mitte auf den Ketten ruhen und nach den Tragseilern hin durch Tragstangen an sie angehängen werden.

Die größte dieser Brücken besaß 93,27 Mtr. (306' engl.) Spannweite und führte über den Katarakt des Schuylkill-Flusses. Die Brückenbahn wurde von zwei Ketten aus $1\frac{1}{2}$ zölligem Quadrateisen getragen, die zu beiden Seiten derselben aufgehängt waren. Die vier Ketten der Hängbrücke über den Brandywine-Fluß bei Wilmington von 44,19 Mtr. (145' engl.) Spannweite und 9,14 Mtr. (30' engl.) Breite bestanden aus $1\frac{3}{8}$ zölligem Rundeisen. Die im Jahre 1809 von John Tempelmann im Staate Massachusetts drei Meilen oberhalb Newbury-Port über den Merri-mack um die Summe von 25,000 Dollars erbaute Hängbrücke mit einer Oeffnung von 74,37 Mtr. (240' engl.) Spannweite besitzt zwei Fahrbahnen von 4,57 Mtr. (15' engl.) und zehn, über den Auflagerstellen kurzgegliederte Ketten, wovon je drei zu deren Seiten und vier in deren Mitte hängen. Der mittlere Theil der Brückenbahn ruht unmittelbar auf diesen Ketten, während deren übrige Theile mittels Tragstangen an die letzteren angehängt sind. Die Pfeiler sind bis zur Höhe der Brückenbahn massiv, von da bis zu der Höhe von 10,67 Mtr. (35' engl.) der Kettenlager aus, mittels eiserner Stangen abgesteiftem, Holzwerk hergestellt. Die im Jahre 1815 erbaute Hängbrücke über den Lehigh bei Northampton besteht bereits aus zwei ganzen und zwei, die Verankerung erleichternden, halben Kettenbogen von 144,78 Mtr. (475' engl.) Gesamtlänge, deren aus $1\frac{3}{8}$ zölligem Quadrateisen gefertigte Ketten die Brückenbahn in zwei Fahrwege in der Mitte und zwei Fußwege zu beiden Seiten scheiden. In demselben Jahre wurden, gestützt auf die Beobachtung, daß Eisen, zu Draht ausgezogen, eine beträchtlich größere Zugfestigkeit annehme, zu den Trägern einer Hängbrücke über den Schuylkill bei Philadelphia von 124,36 Mtr. (408' engl.) Spannweite Drahtseile aus je sechs Drähten von $\frac{3}{8}$ Zoll Durchmesser statt der Ketten verwendet.

Die im Jahre 1845 über den Fluß Monongahela bei Pittsburg ausgeführte Drahtbrücke mit acht Spannungen von durchschnittlich 57,3 Mtr. (188' engl.) von Mitte zu Mitte der Pfeiler, erhielt zur Vermeidung der Längenschwankungen bei Sturmwind eine hinreichende Versteifung der Brückenbahn durch Schutzgeländer zwischen der 6,09 Mtr. (20' engl.) breiten Fahrbahn und den je 1,52 Mtr. (5' engl.) breiten Fußwegen, welche eine ähnliche Konstruktion wie die Wände der Gitterbrücken zeigte. Jedes Brückenfeld wird von zwei Drahttauen von 11,25 Cmtr. ($4\frac{1}{2}$ " engl.) Durchmesser getragen, welche über den Kabelthürmen an, auf massiven Gußstücken ruhenden, Pendeln befestigt sind und sich gleichfalls zwischen der Fahrbahn und den Fußwegen befinden.

Im Anfang der fünfziger Jahre baute Ellet über den Ohio bei Wheeling eine Drahtbrücke⁵⁹⁾ mit der bedeutenden Spannweite von 307,85 Mtr.

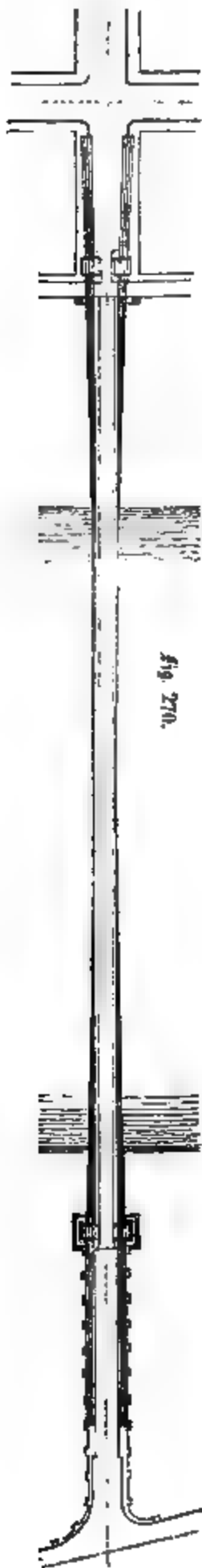
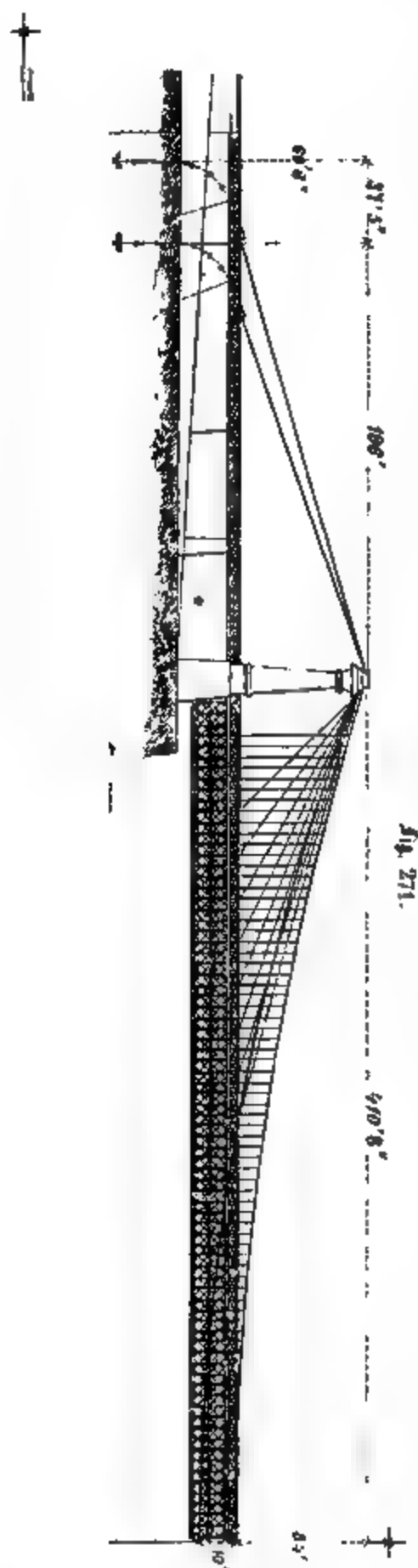


Fig. 270.

(1010' engl.) bei 18,59 Mtr. 61' engl.) Pfeilhöhe (s. Fig. 269 u. 270. Die Kabel bildeten Parabeln, welche an den Spitzen der ungleich hohen Kabelthürme 10,06 Mtr. (33' engl.) von einander entfernt waren, während ihre tiefsten Punkte oder Sohlen nur 7,92 Mtr. (26' engl.) von einander abstanden; eine Anordnung, welche zur einfachsten Herstellung der erforderlichen Seitenversteifung, resp. zum Ersatz der an anderen Brücken angebrachten Windstreben dienen sollte, aber dennoch die am 17. Mai 1865 erfolgte Zerstörung durch heftigen Sturmwind nicht verhindern konnte. Jedes der beiden Kabel bestand aus sechs nebeneinander liegenden Drahtsträngen zu 550 Drähten, welche an jedem der vier Kabelthürme über je drei, auf schweren gußeisernen Unterlagsplatten rollenden Walzen von verschiedenem Durchmesser ruhten und so den durch den Temperaturwechsel bewirkten Längenveränderungen nachgeben konnten. Jenseits der Thürme waren die Kabel in eigens hierzu konstruirten Kammern des natürlichen Bodens verankert und zum Schutz gegen Rosten mit Firniß, die Anker mit Kalk überzogen. Die 9,14 Mtr. (30' engl.) langen Querbalken der 5,18 Mtr. (17' engl.) breiten Fahrbahn und beiderseitigen je 1,07 Mtr. (3½' engl.) breiten Banketten hängen mittels einer Schlinge und eines Drahtstranges an, quer über die Kabel gelegten,

je 1,07 Mtr. ($3\frac{1}{2}'$ engl.) voneinander entfernten, Quereisen, während die vier, unter beiden Banketten hinlaufenden, Langschwellen in Verbindung mit dem aus Fachwerk konstruirten Geländer zur Versteifung der Brückenbahn dienten. Um Knicke und Brüche zu vermeiden, wurde die Biegung jedes Drahtstranges über hufeisenförmigen Unterlagen bewirkt. Die Aufstellung der Brücke wurde durch zwei dünnere, später zu den Hauptkabeln verwendete, Kabel von je 100 Drähten bewirkt, deren jedes man mittels eines Seiles von einem Thurm über den anderen zog und provisorisch an den Anfern befestigte. Ueber diese, 0,91 Mtr. (3' engl.) von einander entfernten, Kabel wurden die, später wieder zu den Banketten verwendeten, Breter gelegt und auf diese Weise eine Hülfsbrücke gebildet, an welcher man in Entfernungen von je 15,24 Mtr. (50' engl.) eine Rolle mit, dem Kabeldurchmesser entsprechender Rehle aufhing, über die dann jedes Hauptkabel mittels eines an einem Göpel befestigten Handseils hinübergewunden wurde.

Der von Ellet zu einer Drahtkabelbrücke unterhalb der Niagarafälle⁹⁰⁾ entworfene Plan gelangte nicht zur Ausführung, indem die zum Aufschlagen derselben etwas solider als beim Bau der Ohio-Brücke bei Wheeling hergestellte Hülfsbrücke von den Brückenaktionären vorläufig und bis zur Herstellung der zu verbindenden Eisenbahnlinien, für Fußgänger und ganz leichtes Fuhrwerk als genügend erklärt wurde. Die Spannweite dieses Stegs beträgt 231,65 Mtr. (760' engl.) von Kabelthurm zu Kabelthurm, bei 13,72 Mtr. (45' engl.) Pfeilhöhe. Die Kabelthürme bestehen aus je zwölf aufrecht stehenden, unter sich wohlverbundenen Pfosten, welche in einer Höhe von 16,76 Mtr. (55' engl.) über dem Boden mittels eines, aus vier Langschwellen und sechs Querschwellen gebildeten Kostos doppelte Sattelhölzer von 0,3 Mtr. (1' engl.) Höhe mit einer muldenartigen Vertiefung tragen, in welcher eine Walze von 45 Cmtr. (18" engl.) Durchmesser, worauf die Kabel ruhen und sich bewegen, rollen kann. Die Kabel selbst bestehen aus vier stärkeren und sechzehn schwächeren Drahtseilen mit im Ganzen 1767 Drähten von zusammen 162,5 □ Cmtr. (26 □" engl.) Querschnitt. Die Fahrbahn ist nur 2,23 Mtr. (7' 8" engl.) breit und besteht aus einem 6,25 Cmtr. ($2\frac{1}{2}"$ engl.) starken Bohlenbelag, der in Entfernungen von je 1,52 Mtr. (5' engl.) durch einen Querbalken von 3,05 Mtr. (10' engl.) Länge und 0,36 Mtr. ($\frac{6}{5}'$ engl.) unterstützt wird. Je zwei Langschwellen über und unter der Fahrbahn bilden deren Versteifung. Das Geländer besteht aus je drei, in die Drahtstränge, mittels deren die Fahrbahn an den Kabeln hängt, eingeflochtenen Latten. Um beim Aufschlagen dieses Drahtsteiges die einzelnen Drahtseile in einer Höhe von 70,1 Mtr. (230' engl.) über das breite, nicht schiffbare Felsenbett des Stromes bringen zu können, ließ man auf dem einen Ufer bei günstigem Wind einen Drachen steigen und die Schnur schießen, als er über dem anderen Ufer



stand. An dem aufgefundenen Ende der Schnur zog man einen Draht und an diesem ein dünnes Drahtseil hinüber.

Die zu Anfang der fünfziger Jahre von Serret sieben Meilen unterhalb der Fälle über den Niagara mit einer Spannweite von 316,99 Mtr. (1040' engl.) und Pfeilhöhe von 22,86 Mtr. (75' engl.) erbaute Hängbrücke erhielt zwei, aus je fünf Drahtseilen mit zusammen 1250 Drähten bestehende Tragkabel zu beiden Seiten der 6,09 Mtr. (20' engl.) breiten Fahrbahn, welche nicht direkt, sondern mittels eines gußeisernen Sattels, auf Walzen sich bewegen. Sechs weitere Einschnitte dieses Sattels waren zur Aufnahme von ebenso viel weiteren Kabeln für den Fall vorgesehen, daß die Brücke auch für Eisenbahnbetrieb eingerichtet werden sollte.

Die erste, von Ræbbling für Eisenbahnbetrieb erbaute, zur Verbindung der New-York-Central-Eisenbahn und der großen Westbahn in Canada bestimmte, Drahthängbrücke über den Niagara^{*)} von 250,34 Mtr. (821' engl.) Spannweite, s. Fig. 271 bis 275, wurde im Jahre 1855 dem Verkehr übergeben und besitzt zwei, an vier Kabeln mit je 25 Cmt. (10" engl.) Durchmesser und 3640 Drähten hängende Brückenbahnen, wovon, wie Fig. 273 bis 275 zeigt, die obere für eine eingleisige Eisenbahn, die untere für

Straßenfuhrwerke bestimmt ist und welche unter sich, behufs gleichmäßiger Anspruchnahme aller vier Drahtseile, durch Gitterwände aus Holz und Eisen verbunden sind, während zur Vermehrung der Steifigkeit vom Auflagerpunkte der Kabel aus Hängestäbe nach Fig. 271 fächerartig nach den Brückenbahnen geführt, ebenso, zum Schutz gegen Windstöße, im Uferfelsen befestigte schräge Zugseile mit der Brückenbahn in Verbindung gebracht sind.

Fig. 273.

Fig. 274.

Fig. 273 bis 275. Details zur Drahthängedrucke über den Nagata.

Die Drahtseile liegen über steinernen Stützpfeilern auf gußeisernen, mittels Walzen verschiebbaren, Sätteln und werden landwärts von Spannfetten festgehalten, deren Enden an Platten befestigt und mit diesen in eigens ausgehauenen Schächten des Uferfelsens eingemauert sind. Die Stützpfeiler sind

teilung Erster Abschnitt. Die Träger der eisernen Brücken.

der Eisenbahn durch Gewölbebogen verbunden, unter welchen die Bahn der Brücke benutzenden, Straßenfuhrwerke passiren. Pfeilern und dem Dammkörper beider Ufer befinden sich Bauseffnungen zu je 18,29 Mtr. (60' engl.) Weite für den Verkehr. Den Lieferungsbedingungen des Drahts zu den Kabeln und derselbe aus kalt erblasenem Holzbohleneisen und war aus Mtr. (2' engl.) fast mit Federdrahtstärke bis zu einer Stärke (1 Pfd. engl.) für 6,09 lfd. Mtr. (20' engl.) Länge gezogen. Drahts durch eine Probepannung von 590 Kilogr. (1300 : erst nach einer Dehnung von 22,5 Cmt. (9" engl.) auf 10' engl.) stattfinden. Die Drähte eines jeden Kabels sind in 520 Drähten gebunden und an den Enden umgeschlagen, leise bilden, worin gußeiserne Schuhe mit Löchern, zur Aufhängung mit den Ankerketten, stehen. Die Herstellung der an Ort und Stelle mittels eigener, über auf Drahtseilen aufgestellter, Maschinen mit einer möglichst gleichmäßigen Drähte. — Zum Schutze gegen Oxidation wurden die Kabel Farbe, die Spannfetten zweimal mit Oelfarbe angestrichen, mit Gyps überzogen und die Schächte zur Vermeidung starker vollständig mit Cementmauerwerk ausgefüllt.

Die Konstruktion zeigt die im Frühjahr 1867 vollendete Brücke bei Cincinnati⁹²⁾ von 304,8 Mtr. (1000' engl.) und sollte auch die, wegen Mangel an Geldmitteln unvollendeten Kentucky auf der Lexington-Danville-Bahn (1224' engl.) Spannweite erhalten. Die von der Fundamentärer Spitze 73,76 Mtr. (242' engl.) hohen Kabelthürme der Verbindung von Cincinnati und Covington dienende '6, sind 322,17 Mtr. (1057' engl.) von Mittel zu Mittel

die beiden durch Aufhängung an den Rückhalttauen über eine Weite von je 85,65 Mtr. (281' engl.) besitzen. Die an der Brückenbahn bestimmten Drahttaue, deren Pfeiltemperatur 27,13 Mtr. (89' engl.) oder etwa $\frac{1}{12}$ der Spannweite aus 5180 Drähten und bilden einen Cylinder von 30,82 L.) Durchmesser, dessen größte Anstrengung 4212 Tonnen, logr. p. □ Cmt.) beträgt. Um eine gleichmäßige Anspannung Kabeldrähte zu bewirken, wurde jedes der beiden Drahtkabeln so zusammengesetzt, daß sechs Stränge um einen mittleren Sechseck bildeten. Alle einzelnen Drähte dieser sieben um mittels einer, für die Arbeiter bestimmten, provisorischen Hilfe der von diesen gegebenen Signale über der Haupt-

öffnung mit einem etwa 40' engl. geringeren Pfeile, d. h. so aufgehängt, daß sie durch ihr Eigengewicht ebenso beansprucht wurden, wie es nach vollendeter Brückenausführung durch die ganze von ihnen zu tragende Last der Fall sein sollte. Nach Vereinigung der erforderlichen Anzahl Drähte zu einem Stränge wurde jeder der letzteren in seine definitive Lage herabgelassen und so, gleichzeitig auf beiden Seiten, die Drahtkabel aus den sieben Strängen in der Weise gebildet, daß erst die beiden unteren, dann die drei mittleren und schließlich die beiden oberen Stränge angefertigt wurden. Nachdem die sieben, ohnehin in Sechseckform zusammenpassenden Stränge überdies scharf zusammengepreßt waren, wurden die Kabel mit einem dreimaligen Anstrich von Leinölfirnis versehen und wasserdicht mit verzinktem Eisendraht umwickelt. Ueber den Pfeilern ruhen die Drahttaue auf schwach gekrümmten, auf 32 Rollen verschieblichen massiven 3,35 Mtr. (11' engl.) langen Sätteln. An diesen Auflagern beträgt die Entfernung der Drahtkabel voneinander 15,24 Mtr. (50' engl.), in der Mitte der Oeffnung nur 7,32 Mtr. (24' engl.), so daß die Kabel zur Verminderung der Seitenschwankungen nicht in vertikalen, sondern in etwa $\frac{1}{7}$ geneigten Ebenen hängen. Zur Verhütung der Längsschwankungen dienen je neunzehn, von jedem Kabelsattel nach verschiedenen Punkten

Fig. 276. Brücke über dem Obje bei Starnberg.

der Brückenbahn ausgehende Drahtseile von 5,63 Cmt. $2\frac{1}{4}$ " engl.) Durchmesser. Auch die Aufhängung der Brückenbahn an den Kabeln ist durch Drahtseile in Entfernungen von 1,52 zu 1,52 Mtr. (5 zu 5' engl.) bewirkt. Die 10,97 Mtr. (36' engl.) breite Brückenbahn besteht aus einer 6,7 Mtr. (22' engl.)

ebenen Geleisen versehenen, Fahrbahn innerhalb und außerhalb (engl.) breiten Fußwegen mit Außengeländern außerhalb der Fahrbahn. Die Fahrbahn besteht aus einem 3,05 Mtr. (10' engl.) hohen Façoneisen, dessen je 9,14 Mtr. (30' engl.) lange Enden mittels Verbindungsplatten, deren Bolzenlöcher mit Rücksicht auf Temperaturwechsel oval gearbeitet wurden. Die Verankerungen der beiden Drahtkabel bestehen aus zwei je aus fünfzehn bis sechzehn, 3,05 Mtr. (10' engl.) langen, 1,52 Cmt. ($1\frac{1}{3}$ " engl.) starken Stäben mit einer Anspruchnahme von etwa 25 Tonnen p. Cmt. Das Fundament der, aus Kalkstein im unteren Theile bestehenden, Kabelthürme besteht aus einer, aus Holzstämmen gebildeten Plattform von 33,58 Mtr. (110' engl.) Länge und 22,86 Mtr. (75' engl.) unterer Breite. Diese Plattformen sind beschlagen und liegen in zwölf Lagen kreuzweise, von unten nach oben allseitig zurückspringend, übereinander.

Die zur Ausführung gekommene Spannweite von 385,27 Mtr. besitzt die im Jahre 1867 in Angriff genommene und im Jahre 1868 vollendete Drahtseilhängebrücke über die Niagarafälle. Der Punkt etwas unterhalb der amerikanischen Fälle bis zu dem des Clifton House gelegenen Punkte auf der kanadischen Seite ist zugewiesen dazu bestimmt ist, den alljährlich in großer Zahl ankommenden Touristen den besten Standpunkt zur Betrachtung des erhabenen Niagara-falles zu bieten. Die Tragkabel der „Cliftonhängebrücke“ haben 6,25 Cmt. ($2\frac{1}{2}$ " engl.) starke parallele Drahtseile von 100' engl.) Länge, deren jedes wieder aus sieben, von je neun bis zehn Litzen besteht, wovon je sechs auf der siebenten geraden Seite herumgewunden sind. Zur Aufhängung derselben sind 10,48 Mtr. (100' engl.) hohe, 12,19 Mtr. (40' engl.)

abgestumpfte pyramidenförmige, aus starken Balken konstruirte, auf steinernen gegründeten Kabelthürmen errichtet, auf welchen die Kabel von 12,8 Mtr. (42' engl.) ruhen, während sie sich in der Höhe von 8 Mtr. (12' engl.) nähern. Die aus zwei Lagen, 3,8 Cmt. starken auf Querrägern befestigten, Bohlen gebildete 3,05 Mtr. breite Fahrbahn ist mittels schwächerer, 1,524 Mtr. (5' engl.) starken Drahtseile an die Kabel aufgehängt und der Länge nach

durch hölzerne Geländer ausgestellt. Die Haupttragseile tragen nur die mittlere Hälfte der Brückenbahn, die übrigenbleibenden Viertel der Brückenbahn werden auf jeder Seite durch je sieben besondere, von verschiedenen Punkten der Bahn schräg über die Spitzen der Kabelthürme laufende Tragseile getragen. Zur weiteren Sicherung gegen Seiten- und Vertikal-Schwankungen ist die Brückenbahn wie bei der auf Seite 174 bis 176 betrachteten Niagarabrücke mit zahlreichen, in wagerechter und vertikaler Richtung an dem Felsen befestigten, Unterseilen versehen. Die Verankerung der Drahtkabel und Tragseile ist auf der canadischen Seite in massivem Felsen, auf der amerikanischen Seite in ausgemauerten Gruben derart bewirkt, daß die einzelnen Stränge der Seile mit den, aus Lössmooreisen gebildeten, Wurzelgliedern verbunden und diese an den, auf dem Boden der Verankerungsgruben ruhenden, Gußplatten befestigt und mit 6,1 Mtr. (20' engl.) hohem Mauerwerk belastet sind. Zur Vermeidung von Ueberlastung der Brücke durch das, sich mit dem Wasserstaub der Fälle ansetzende, Eis wird im Winter der Bohlenbelag abgenommen.

Eine besondere Anwendung machten die Amerikaner von den Drahtkabeln, indem sie dieselben zu Trägern von Schiffahrtskanälen benutzten, wie bei dem, im Jahre 1844 erbauten, Aquadukt des Pennsylvaniakanals über den Alleghany in Pittsburg, s. Fig. 277 und 278, mit sieben Öffnungen von je 48,77 Mtr. (160' engl.) im Lichten Weite und von 4,27 Mtr. 14' engl.) Pfeil, dessen aus Holz

in demselben Jahre nach dem System der Kettenkurve wieder aufgebaut, jedoch durch Diagonalketten und mit an den Ufern befestigten Ankerketten zur Sicherung gegen Seitenschwankungen verstärkt. Auch vertauschte man die früher angewandten Kettenglieder aus schwachem Rundeisen mit nur umgebogenen und einem Aufsteckringe versehenen Enden mit geschweißten Kettengliedern aus $1\frac{5}{8}$ zölligem Rundeisen und verband dieselben, welche einzeln in vier Ketten — je zwei zu jeder Seite — aufgehängt waren, durch 22,5 Cmt. (9" engl.) lange Kuppelglieder. Zwei hölzerne Längsträger der 1,22 Mtr. (4' engl.) breiten Bahn wurden an Tragstangen von 1,25 Cmt. ($1\frac{1}{2}$ " engl.) Durchmesser, die mittels einer Art Kreuzkopf auf den Kuppelgliedern ruhten, aufgehangen, welche die Querträger mit dem Brückenbelag aufnahmen.

Schon während des Baues jener wieder eingestürzten Tweed-Brücke suchte der um die Fabrikation der Ankerketten verdiente Samuel Brown ein Patent auf den Bau von Kettenbrücken nach, welches er auf das Modell seiner bereits im Jahre 1811 erbauten Brücke zu Mill-Wall stützte und im Beginn des Jahres 1818 erhielt. Die erste Anwendung davon machte er in den Jahren 1819 bis 1820 bei Erbauung der zur Verbindung von England mit Schottland bestimmten Union-Brücke über den Tweed bei Northam-Ford, fünf Meilen von Berwick⁹³⁾, mit einer Oeffnung von 136,85 Mtr. (449' engl.), bei 9,14 Mtr. (30' engl.) Pfeilhöhe und 5,18 Mtr. (17' engl.) Breite. Zwölf Ketten, paarweise und in drei Reihen übereinander geordnet, tragen mittels 1,52 Mtr. (5' engl.) von einander entfernter Hängstangen die Brückenbahn und ruhen in den Tragpfeilern auf Rollen. Die Ketten bestehen aus 5 Cmt. (2" engl.) starkem Rundeisen, das durch Umbiegen und Zusammenschweißen der Enden zu 4,57 Mtr. (15' engl.) langen Gliedern verarbeitet ist. Diese langen Glieder wechseln mit, aus 2,7 Cmt. ($1\frac{1}{8}$ " engl.) starkem Quadrateisen geschmiedeten, durch ovale, 6,25 bis 5 Cmt. ($2\frac{1}{2}$ bis 2" engl.) starke Bolzen verbundenen kürzeren von nur 16,87 Cmt. ($6\frac{3}{4}$ " engl.) Länge. Die aus 2,5 Cmt. (1" engl.) starkem Rundeisen hergestellten Tragstangen ruhen mit ihren oberen Enden in gußeisernen Sätteln auf den Kuppelbolzen und tragen mit ihren unteren gabelförmigen Enden und mittels durchgesteckter Reile die 7,5 Cmt. (3" engl.) hohen Längschienen der Brückenbahn. Auf diesen Längschienen ruhen in Entfernungen von 1,52 Mtr. (5' engl.) die tannenen Querträger mit einem 7,5 Cmt. (3" engl.) hohen Bohlenbelag. Die Rückhaltketten gehen 6,4 Mtr. (21' engl.) in den Grund und sind gegen starke gußeiserne Platten mittels ovaler Bolzen verankert.

Ungleich bedeutender als diese und die von demselben Erbauer in den Jahren 1820/21 im Meerbusen von Forth zu Newhaven bei Edinburgh und in den Jahren 1822/23 bei Brighton hergestellten Landungsbrücken war die in den Jahren 1819 bis 1826 von Telford zwischen der Küste von

mittels dreizölliger Bolzen zusammen gesetzt. Zur Regulirung sind sowol in den Tragketten, nahe an den Tragpfeilern, als in der Austritt aus dem Boden, Stellglieder angeordnet, welche Schlitze haben und mittels Seilen eine Verstellung von 47,5 Cmtr. (19" engl.) und 23,75 Cmtr.



Fig. 283.



Fig. 284.

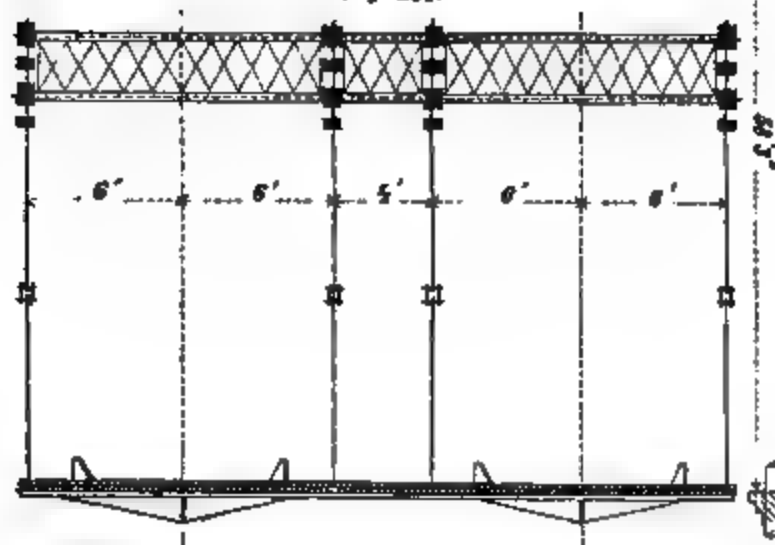


Fig. 281.

Fig. 281 bis 285. Details zur Kettenbrücke über die Ma.

Zur Vermeidung seitlicher Schwingungen werden die Spannketten zweimal durch gußeiserne Kettenbrücken verbunden. Die je 1,52 Mtr. (5' engl.) langen Tragstangen von 6,25 □ Cmtr. (1 □" engl.) sind vier in eine Lothrechte, zur Länge der Brücke normal, mit einem schmiedeeisernen Sprengwerke versehen (1" engl.) voneinander abstehenden, mit Holz an

) Höhe und 1,25 Emtr. ($\frac{1}{2}$ " engl.)
 e der, aus zwei Lagen von 7,5 Emtr.
 rke bestehende eiserne Brückenbelag der
 durch eichene Spurbalken abgegrenzten,
 Bohlenbelag von 7,5 Emtr. (3" engl.)
 eite, zwischen die je eine Lage getheerten
 n erhielt die Brücke ein einfaches, wenig
 tiskalstäben.

resslich konstruirte Brücke dreizehn Jahre
 en getrost hatte, so litt sie doch im Ja-
 e so, daß ihre Querträger und Brücken-
 mußten. Insbesondere wurde die
 ubte, Längsbalken sowie durch Verstär-
 und sowol die Querträger zur gleich-
 Tragketten auch bei Sturm, als auch
 heiliger Biegungen, mit Gelenken ver-

und über dieselbe Meerenge erbaute
 Conway-Kettenbrücke mit 99,67
 81 Mtr. ($22\frac{1}{3}$ ' engl.) Pfeilhöhe oder
 8 auf die Querverbindungsrohren der
 1 der Rückhaltketten mit den Bogen-
 Konstruktion. Die 5,33 Mtr. ($17\frac{1}{2}$ '
 4t Kettenstränge aus je fünf Gliedern
 und 2,5 Emtr. (1" engl.) Stärke

7 von Clark, zwei Meilen oberhalb
 kannte Hammermithbrücke⁹⁵⁾, f.
 gen von 121,8 Mtr. (400' engl.) in
 t Halbbogen von 44,34 Mtr. (145,5'
 ig im Ganzen und Einzelnen als das
 zwei, in einem Abstände von 0,3 Mtr.
 ten bestehende Tragketten theilen die
 3 Mtr. breiten Fahrweg und zwei zu
 Fußwege. Die äußeren und schwäche-
 nebeneinander hängenden 2,69 Mtr.
 igen, 12,5 Emtr. (5" engl.) breiten,
 mit je vier kürzeren, 38,13 Emtr.
 1gl.) breiten und 2,5 Emtr. (1" engl.)
 stärkeren Kettenpaare aus je sechs neben-

einander hängenden langen Gliedern mit je sieben kürzeren Kuppelgliedern von denselben Abmessungen. Die Tragketten gehen durch Oeffnungen der Mittelpfeiler, worin sie auf zwei Säzen gußeiserner, genau auf 27,5 Cmt. (11" engl.) abgedrehter, Walzen ruhen. Mittels 7,5 Cmt. (3" engl.) starker geschmiedeter Zapfen laufen diese Walzen in metallenen Lagern, die an einen massiven gußeisernen, mit den Tragpfeilern verankerten, Sattel befestigt sind. Die Tragketten der Seitenbahnen gehen, zum Theil noch unter der Fahrbahn, durch das ganze 6,3 Mtr. (20,5' engl.) hohe, 14 Mtr. (45' engl.) starke, zur Vermeidung einer Verschiebung durch den Kettenzug auf einem Pfahlrost mit vorspringenden Querschwellen hergestellten Verankerungsmauerwerk hindurch, auf dessen Rückseite sie gegen starke, mit Rippen versehene gußeiserne Platten mittels elliptisch geformter Bolzen befestigt sind. — Die je fünf Fuß voneinander entfernten Tragstangen sind mittels kurzer Zwischengelenke und besonderer Bolzen an den Kuppelgliedern befestigt und nehmen mittels gußeiserner Plättchen und vorgestrichter Splinte die 9,75 Mtr. (32' engl.) langen doppelten hölzernen Brückenbalken auf, zwischen welchen längs und zur Verstärkung der Brückenbahn hölzerne Kreuzverstreibungen eingeschaltet sind. Zur weiteren Verstärkung der Brückenbahn dienen doppelte, mit Hängwerken versehene, zu beiden Seiten aufgeschraubte Strebaballen. Aus 6,1 Mtr. (20' engl.) entfernten gußeisernen Säulen, hölzernen Holmen und Kreuzsprossen bestehende Geländer begrenzen die Fußwege.

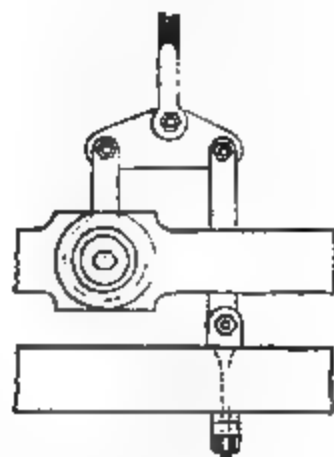
Die größte aller bekannten Kettenbrücken ist die von Brunel für Fußgänger erbaute und im Jahre 1845 vollendete Charing-Cross oder Hungerford-Brücke⁹⁶⁾ über die Themse in London, s. Fig. 288 und 289, mit drei ganzen Kettenbogen von 206,2 Mtr. (676' engl.) Spannweite und 15,2 Mtr. (50' engl.) Pfeilhöhe in der Mitte und zwei halben Kettenbogen von 103,48 Mtr. (340' engl.) zur Seite. Die 4,27 Mtr. (14' engl.) breite Brückenbahn wird an jeder Seite von zwei übereinander hängenden Ketten aus 7,31 Mtr. (24' engl.) langen, 17,5 Cmt. (7" engl.) hohen und 2,5

Centr. (1" engl.) starken Schienen und einer, der nach den Anfangspunkten hin wachsenden Spannung entsprechenden, Zunahme des Kettenquerschnitts, indem zehn und elf Schienen sich bzw. auf elf und zwölf vermehren, getragen.

1. Mauerwerk hergestellten steinernen Stützpfeilern, übereinander hängenden Tragketten mittels Bolzen ($3\frac{1}{2}'$ engl.) hohe Glieder untereinander verbunden, auf Rollen ruhenden, Fußplatte verschraubt sind.
2. von einander entfernten Hängstäbe von 14 □ Centr. Querschnitt ruhen mittels Balancier, s. Fig. 289, auf beiden Enden, welche zu beiden Seiten Längsbalken unteren liegen die 0,98 Mtr. (3' engl.) voneinander entfernte die Längsbalken der Brückenbahn aufnehmen.

s. 268.

Fig. 289.



als zur Charing-Cross Kettenbrücke über die Themse zu London.

der Versteifung vervollkommnete Drahtbrücke ist die 1862 ausgeführte Lambeth-Hängbrücke in London, s. Fig. 290 bis 296, zu betrachten, welche die Themse zwischen Lambeth-Brücke in drei gleich großen Oeffnungen von je 100' überspannt, und deren Verkehrsbahn von zwei, zwischen den Banketten angebrachten, an je zwei auf gemeinsamen Drahttauen aufgehängenen, sogenannten Röhrenwagen wird. Das Eigenthümliche ihrer Konstruktion besteht in der Versteifung der Brücke innerhalb des, zwischen den Trägern gelegenen, dreieckförmigen Bogenzwischens durch ein und deren Verbindungsgitterwerk, s. Fig. 293 und 294, aus Eisen und aus Flacheisen gebildete Diagonalstäbe.

sind aus je sieben Strängen zusammengesetzt, wovon der siebente Strang schraubenförmig umwinden und jeder derselbe besteht wieder aus sieben schraubenförmig gebildeten

Drahtseilen zu je sieben Drähten von 0,75 Cmt. $\frac{3}{10}$ " engl.) Durchmesser. Jedes Tragbalken enthält mithin 343 solcher Drähte mit 150 □ Cmt. (24 □" engl.) Querschnitt.

Die Brückenbahn wird von zwei, zwischen der Fahrbahn und den Fußwegen liegenden, 0,68 Mtr. (2' 3" engl.) hohen, 0,46 Mtr. (1' 6" engl.) im Innern breiten, hohlen Blechbalken als Längsträgern getragen, woran alle 1,22 Mtr. (4' engl.), mit durchgehenden Blechplatten gedeckte Querträger für die Fahrbahn und Konsolen für die Fußwege angeordnet sind. Die Fahrbahnquerträger sind als doppelt T-förmige Blechbalken konstruiert und die darüberliegenden Blechplatten mittels Längswinkelisen zu beiden Seiten an die Hohlbalken genietet und dazwischen alle 0,91 Mtr. (3' engl.) mittels ähnlicher Eisen versteift. Die Fahrbahn besteht aus, in Cement versetzten Holzblöcken, die von der Blechplatte durch einen 1,25 Cmt. ($\frac{1}{2}$ " engl.) starken Asphaltbelag getrennt sind. Die Konsolen für die Fußwege wurden, zur gleichzeitigen Aufnahme von Wasserleitungsröhren, mittels Ringen, s. Fig. 293, und die darüber liegende Blechdeckplatte gleichfalls durch Längswinkelisen versteift, welche letztere als Unterlage für den in Portlandcement versetzten Sandsteinbelag dient. Die Geländer der Trottoirs bestehen aus leichtem Gitterwerk, dessen obere Gurte zugleich als Schiene für die Rollen eines, mit herabhängender Leiter versehenen, Laufgerüsts zum Anstreichen und Besichtigen der zugänglichen Brückentheile dient.

Sowol die Vertikalstäbe als Diagonalbänder der erwähn

Die beiden Strompfeiler bestehen aus je zwei gußeisernen, mittels gußeiserner Bogen an den oberen Enden verbundener, aus 3,13 Cmt. ($1\frac{1}{4}$ engl.) dicken Cylinderstücken von 2,89 Mtr. ($9\frac{1}{2}$ engl.) Höhh. (12 engl.) Durchmesser zusammengesetzten Röhren, welche 0,9 bis 1,2 Mtr. (3 bis 4' engl.) mächtige Sandschicht, 3,1 Mtr. (8 bis 10' engl.) in die darunter liegende, weiche Lehmschicht herabreichen und auf 2,7 Mtr. (9' engl.) von ausgefüllt, darüber mit 0,9 Mtr. (3' engl.) starken, nach oben kuppelgewölben endigenden, Backsteinchylindern ausgekleidet sind.

Die Widerlager bestehen aus 14,63 Mtr. (48' engl.) Mtr. (33' engl.) breiten und 6,86 Mtr. ($22\frac{1}{2}$ engl.) starken Beton und in Portlandcement versetztem Backsteinmauerwerk. Herstellung eines besseren Verbandes von einem zusammenhängendenrippensystem durchzogen. Die Verankerung der Kabel und damit diesen Widerlagern ist durch untergelegte, mächtige gußeisne und Querbolzen bewirkt.

Die Bauzeit der Brücke umfaßte etwa vierzehn Monate wurde dieselbe dem Verkehr übergeben und hat seitdem infolge der sorgfältigen Konstruktion nur geringe Schwankungen gezeigt.

4. Die schmiedeisernen Hängbrücken Frankreichs und Vorbilde der Amerikaner und gestützt auf die Beobachtung, daß ausgezogene, eine beträchtlich größere Zugfestigkeit annehmen, hat Seguin von Annonay im Jahre 1821 in Frankreich die ersten Hängbrücken für Fußgänger in Ausführung gebracht. Die erste, für Fuhrwerke bestimmte Drahtbrücke wurde im Jahre 1824 zwischen Tournon und Tain, über die Rhône, zwischen Tournon und Tain, hielt zwei Öffnungen von je 89 Mtr. lichter Weite und 8 Mtr. hohen Brückenbänken zu beiden Seiten von sechs 27 Mmtr. dicken Drahttauen getragen wird. Die gleichfalls aus Draht bestehenden Hängseile, von derselben Stärke wie die Drahttaue, sind in Entfernungen von 1,5 Mtr. abwechselnd an den sechs Tauen mittels eiserner Ringe befestigt.

Die zweite in Frankreich von den Gebrüdern Seguin angebaute Hängbrücke für Fuhrwerke zu Farnac mit einer Öffnung von 100 Mtr. lichter Weite und einer Breite von 7,75 Mtr. wurde im Jahre 1828 von zwölf Drahttauen zur Aufhängung der Brückenbahn.

Schon im Anfang der zwanziger Jahre waren die englischen Hängbrücken zum Ausfuhrartikel geworden und scheinen die im Jahre 1822 von dem berühmten Miterbauer des Themsetunnels, für die erste

auf der Insel Bourbon übernommenen und ausgeführten Hängbrücken die ersten Kettenbrücken auf französischem Boden zu sein.

Dem Fehler zu geringer Versteifung begegnete Brunel bei dem Bau dieser Kettenbrücken über den St. Suzanne-Fluß⁹⁸⁾ führt je 40,2 Mtr. Spannweite besitzt, durch Ketten g unter der Bahn, sogenannte Gegenketten, bahnen von je 2,95 Mtr. in sich einschließenden, aus einem gemauerten Unterbau und einem Satz bestehenden Tragpfeiler, sowie über den auf eisernen Böden in vertikalen, um einen Bol-Gliedern, wodurch nachtheilige Einwirkungen Temperaturwechsel vermieden wurden.

Brückenbahn reichenden Gegenketten und zur Weichiebung der Tragketten sind in etwa zwei Drittel Pfeiler von diesen aus horizontale Stangen welche bei einseitigen Belastungen zur Wirkung Tragpfeiler einem einseitigen Zuge aussetzen.

Nach dem Muster der Hammermithbrücke wurde im Salidenhause gegenüber eine Kettenbrücke über die nach ihrer Eröffnung bedeutende Vibrationen zeigte neuer Kasse im Mauerwerk im Jahre 1853 wieder re 1854 durch eine steinerne ersetzt zu werden.

Nach vor Beendigung des Baues der neuen Inva-den Bau der Kettenbrücke zu Langon über die Montauban nach Bordeaux, mit einer Mittel-i Seitenöffnungen von 60 Meter Spannweite t Jahre 1831 vollendete.

zu beiden Seiten der Mittel- und Land-Pfeiler ligten, Sätteln ruhen, schließen eine Fahrbahn e ein. Jede dieser Tragketten besteht aus zwei, a 0,6 Mtr. untereinander aufgehängten, alle ihre Richtung angebrachte und mit Schließen c verbundenen, Strängen, deren Glieder offenen Haupt- und kurzen Kuppel-Gliedern gebildet n der Tragketten haben an ihren unteren Enden n hängen und die 1,5 Mtr. voneinander ent-Querträger der Brückenbahn aufnehmen. Auf sbalken von $1\frac{5}{12}$ Cmt. Stärke, welche die aus hohlen von 8 Cmt. Stärke, aus einer oberen Bohlen und aus einer, durch Theer gebundenen

Stießdecke bestehende Brückenbahn unterstützen. Ein 1 Mtr. hohes hölzernes, aus in die Querträger verzapften, oben verholzten, an den Seiten verstreben und unter sich durch Andreaskreuze versteiften Ständern bestehendes Geländer begrenzt die Fahrbahn.

Die 11,5 Mtr. über die Brückenbahn sich erhebenden Tragpfeiler der Mittelöffnung haben in der Höhe der Brückenbahn eine Dicke von 5,8 Mtr. bei einer Länge von 10 Mtr. und bilden Portale mit 4 Mtr. weiten, überwölbten Durchfahrten. Dagegen bilden die auf den Widerlagern ruhenden Ankerpfeiler parallelepipedische Mauerkörper, worin die Rückhaltketten auf eisernen Sätteln mit Rollen ruhen.

Aus den nachfolgenden Jahren stammen die beiden, jetzt gleichfalls durch steinerne ersetzt, Drahthängbrücken Bercy aus Louis Philippe über die Seine in Paris, die von Le Blanc trefflich ausgeführte Drahtbrücke über die Vilaine bei Roche Bernard auf der Straße von Nantes nach Brest und die ihr nachgebildete bei Lorient über den Scorff, ferner die Drahtbrücken über die Seine zu Conflans St. Honorine auf der Straße von Versailles nach Pontoise und über die Charente zu Rochefort, ferner die im Jahre 1839 vollendete, mit hohen eisernen, unter sich durch Spanndrähte versteiften, Auflagespfeilern versehene Drahthängbrücke über die Dordogne zu Cubzac.

Die Drahtkabel der ersterwähnten, im Jahre 1835 von einer Gesellschaft erbauten, jetzt durch eine Steinbrücke mit fünf elliptischen Bogen ersetzt, Brücke Bercy zu Paris mit drei Oeffnungen von je 47 Mtr. Spannweite und $\frac{1}{10}$ Pfeilhöhe liefen ohne Rollen über die Stützpfeiler fort, welche ihrer Verschiebung eine beträchtliche Reibung entgegensezten und demgemäß, bei 7 Mtr. Höhe, nach der Axe der Brücke 3,5 Mtr. dick und nach deren Breite 1,5 Mtr. stark waren.

Unter den weiter angeführten Drahtbrücken ist die bei Roche-Bernard⁸⁹⁾, s. Fig. 297 und 298, eine der schönsten, gediegensten und übersteigt den Vilainefluß mit einer Spannweite von 193,17 Mtr. in einer Höhe von 33 Mtr. über dem Wasserspiegel. Zwischen den, auf den felsigen Ufern stehenden, 198,27 Mtr. von Mitte zu Mitte entfernten Pylonen sind auf jeder Seite der 6,1 Mtr. breiten Brückenbahn, wovon 4,72 Mtr. auf die Fahrbahn, je 0,65 Mtr. auf jeden Fußweg kommen, zwei Drahtkabel von je 17 Cmt. Durchmesser und sechzehn Strängen zu je achtundachtzig Drähten, mit einem Längspfeil von 15,2 Mtr. aufgehangen, welche mittels geneigter, massiver Hängstangen von 3 Cmt. Durchmesser die 1,09 Mtr. voneinander entfernten Unterzüge der um 1,32 Mtr. nach der Mitte ansteigenden Brückenbahn tragen. Die oben mit Ohren versehenen Hängstangen wurden an den Kabeln mittels umgewickelter Drähte befestigt. Die Tragkabel selbst ruhen an jedem Auflager auf je drei gußeisernen hohlen, durch schwere gußeiserne Platten unterstützten

wovon nach Fig. 302 und 304 je zwei übereinander und je zwei nebeneinander für sich an dem Kopf der Stützen mittels Bolzen befestigt sind. Diese Stützen bestehen aus isolirten, gußeisernen Säulen von etwa 8 Mtr. Höhe und 0,6 Mtr. Durchmesser auf steinernem Unter-

Fig. 299. Hängbrücke über die Reme im Cassins St. Bonavent.

Fig. 301.

Fig. 300.

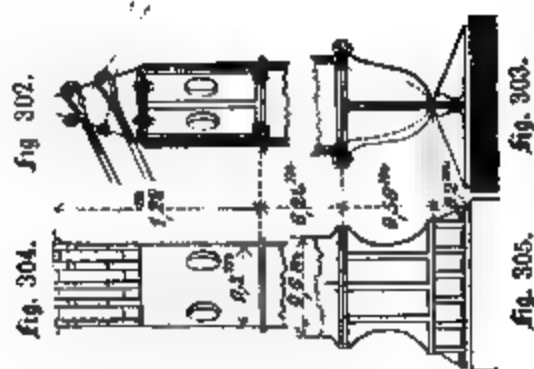


Fig. 300 bis 305. Details zur Drahtseilbrücke im Cassins St. Bonavent.

bau, welche sich um ihre untere, etwa 0,75 Mtr. breite, stumpfe Schneide, s. Fig. 303 und 305, drehen. Die je vier Drahttaue zu jeder Seite der Seitenöffnungen bilden je zwei Trag- und je zwei Spann-Seile, welche in gemeinschaftlichen Schächten der Widerlagspfeiler verankert sind.

Tragfähigkeit bestehenden Drahttauen getragen, welche über Kuppen der Stützpfeiler ruhende, gußeiserne Pendel, s. Fig.

Eine von derjenigen der Hängbrückenträger aus Ketten oder Drahtseilen abweichende Anordnung wendete Flachot im Jahre 1834 bei der Erbauung eines Hängstegs zu Abainville an, dessen Träger aus gewalzten und an den Enden umgekröpften, durch gußeiserne Klemmbüchsen zusammengehaltenen Bandeisenstreifen bestanden. Obwol auf Grund der angestellten Versuche dieses System der Bandeisenbrücken sich als brauchbar erwies, so kam doch erst im Jahre 1840 eine größere Brücke dieser Art und zwar in Surèsnès bei Paris über die Seine, s. Fig. 308 bis 311, zur Ausführung.

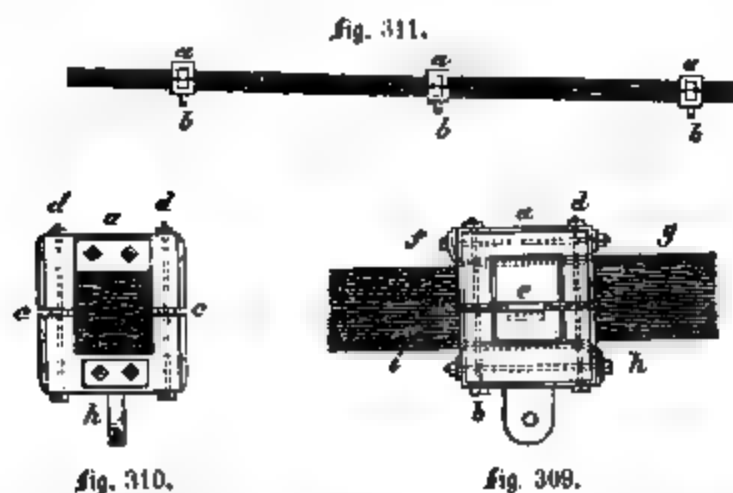


Fig. 308 bis 311. Details zur Bandeisenbrücke über die Brine in Surèsnès.

Dieselbe besitzt eine Mittelöffnung von 62 Mtr. Spannweite mit $\frac{1}{10}$ Pfeilhöhe und zwei Seitenöffnungen von 43,5 Mtr. Weite. Die aus einer 5 Mtr. breiten Fahrbahn und aus zwei, zusammen 1,68 Mtr. breiten, Fußwegen bestehende Brückenbahn wird von zu beiden Seiten hängenden, für jede Öffnung isolirten Bändern getragen, welche auf kleinen Rollen über die cylindrischen Köpfe der Pfeiler, an diesen herab geführt und 1 Mtr. über Niedermasser im Fuße des Pfeilermauerwerks verankert sind. Die Verankerung der Bänder erfolgte durch 8 Cmt. starke, gußeiserne, mit viereckigen Öffnungen versehene Platten hindurchgesteckt und mittels Keilen festgehalten wurden.

Jedes Tau besteht aus zwanzig, 14 bis 15 Mtr. langen Streifen von 81 Mmtr. Breite und 4 Mmtr. mittlerer Dicke, wovon an den Bundstellen a, Fig. 311, je zwei anfangende und je zwei endigende Streifen g und i, Fig. 309, bei f und h, umgekröpft und so mittels der, in Fig. 309 und 310 dargestellten, Klemmbüchse festgehalten sind. Die Zusammensetzung der Streifen zu einem Tragband geschah sogleich in der Form, die dasselbe erhalten sollte, derart, daß die Streifen in einen, genau in die Linie befestigten, mit einem, ihnen entsprechenden Einschnitt versehenen Klotz eingelegt und durch Holzkeile seitlich angetrieben, hierauf zunächst der Bundstellen mittels Keilzwingen zusammengepreßt und zuletzt mittels der Klemmbüchsen verbunden wurden. Jedes Tau wurde auf einer Reihe gekuppelter Rähne an Ort und Stelle gefahren und mittels geeigneter Rüstungen und Winden gehoben und verlegt. Die beim Transport zwischen den Klemmbüchsen entstandenen Ausbauchungen der Streifen verschwanden theilweise schon bei dem Einhängen der Tragbänder und verloren sich unter der aufgebrachten Probelastung gänzlich.

In den Jahren 1842/43 wurde in *Seraing* von einer Aktiengesellschaft zur Verbindung der großartigen Maschinenbauanstalt der Gesellschaft *J. Coderill* mit dem auf dem linken Flußufer gelegenen Dorfe *Jemeppe* eine Kettenbrücke¹⁰¹⁾ über die *Maas*, s. Fig. 312 bis 317, mit 105 Mtr. Weite von Mitte zu Mitte der Kettenpfeiler und 7 Mtr. Pfeil erbaut. Die vier Tragketten derselben sind nach dem Brunel'schen System konstruirt, haben je vier Glieder von 2500 □ Mmtr. Querschnitt und nehmen in Entfernungen von 1,5 Mtr. die Hängträger mit den hölzernen Unterzügen auf. Die Länge der Tragketten kann an vier Punkten durch Keile regulirt werden, ebenso lassen sich die Hängeisen durch, an ihren unteren Enden zur Herstellung einer richtigen Lage der Brückenbahn angebrachte, Schrauben verlängern und verkürzen. Die gußeisernen, nach oben sich verjüngenden Kettenpfeiler bestehen aus einer Hülle und einem fest mit derselben verbundenen Kern und nehmen an ihrem oberen Ende starke schmiedeeiserne Pendel, s. Fig. 317, von 1,3 Mtr. Höhe auf, über welchen die Tragketten liegen und sich voneinander unabhängig bewegen können.

5. Die schmiedeeisernen Hängbrücken Deutschlands und der Schweiz. Die erste Kettenbrücke Deutschlands scheint diejenige zu sein, welche *Schirch* im Jahre 1824 über einen Arm der *March* bei Schloß *Straßnitz* in Mähren ausführte. Ihr folgten zunächst die 1825 erbaute *Sophienbrücke*, sowie die 1828 eröffnete *Karl'sbrücke*, beide über den Donaukanal in Wien¹⁰²⁾, sowie die 1829 vollendete Kettenbrücke zu *Bamberg* über die *Regnitz* mit 64,26 Mtr. Spannweite und 4,31 Mtr. Pfeilhöhe.

Die hölzerne, 8,7 Mtr. breite und 1,16 Mtr. über dem höchsten Wasserspiegel liegende, Brückenbahn der *Bamberger Hängbrücke* besteht aus einundvierzig eichenen, durch schmiedeeiserne Schienen verstärkten, Unterzügen und 7 Streckbäumen mit den 14,5 Cmtr. starken Querböhlen für die Fahrbahn und

mit den 7 Cmr. starken Bohlen der, um 14 Cmr. erhöhten, Fußwege. Diese Brückenbahn wird von vier, auf jeder Seite zu je zwei vertikal übereinander hängenden, Ketten aus je vier Gliedern von 90 Mmr. Höhe und 18 Mmr. Dicke mittels 48 Mmr. breiter und 12 Mmr. dicker Hängeisen getragen. Je drei dieser Hängeisen laufen aus einem Kettenverbindungsstücke herab und nehmen mittels besonderer Sättel je zwei 9 Cmr. starke, mit der Brückenaxe parallele, Eisenschienen zur Unterstützung der hölzernen Querträger auf. Die Tragketten ruhen mittels gußeiserner Lagerplatten auf den Kettenpfeilern und laufen als Rückhaltketten direkt in das Verankerungsmauerwerk, worin sie mittels gußeiserner Platten und 1,16 Mtr. langer, starker, eiserner Bolzen befestigt sind. Dieses Mauerwerk ist, zur Vermehrung der dem Kettenzug entgegenwirkenden Ankerkräfte, durch einhäufige Bogen mit den Kettenpfeilern verbunden und außerdem durch eine, bis zur Fahrbahn und über die ganze Breite derselben reichende, Uebermauerung belastet.

Die zur Zeit längste Drahthängbrücke in Europa baute im Jahre 1832 Chaley über das Saane- oder Sarvine-Thal¹⁰³⁾ zu Freiburg in der Schweiz, s. Fig. 318 bis 331, mit einem Abstände von 273 Mtr. Weite von Mitte zu Mitte der Kabelpfeiler. Die je zwei, auf jeder Seite der 6,46 Mtr. breiten Brückenbahn nebeneinander liegenden Kabel haben bei einer lichten Oeffnung von 265,2 Mtr. einen Pfeil von 19,26 Mtr., tragen eine 246,26 Mtr. lange, 51 Mtr. über dem Wasserspiegel des

Flusses liegende Brückenbahn und sind hinter den Kabelseilern tiefen, mit umgekehrten Quadergewölben ausgemauerten Schächten 319, 321, 322 u. 329, bei s verankert. Jedes der Drahtkabel e Stränge, zwölf von 56 und acht von 48 Drähten, also zwölf Drähte von je 7,44 \square Mm. Querschnittsfläche und 610 Kilogr.

Fig. 329.

Fig. 323.

Fig. 324.

Fig. 3

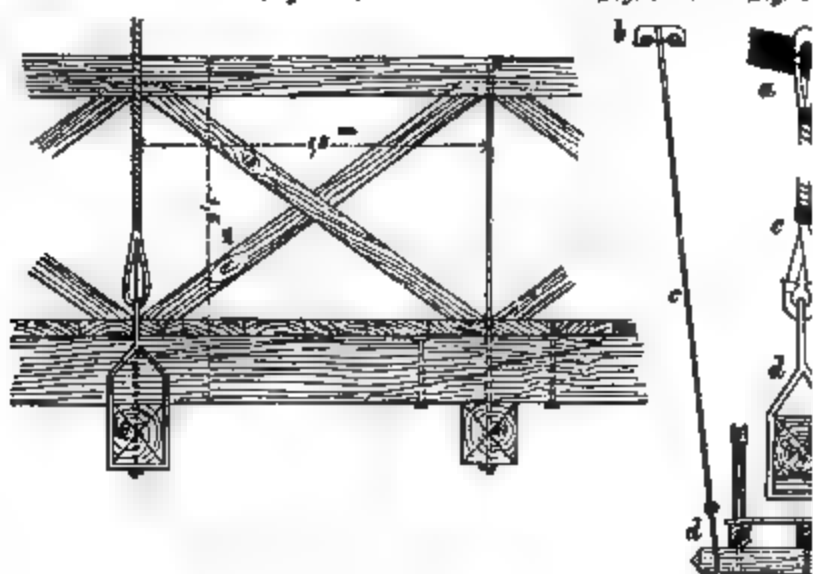
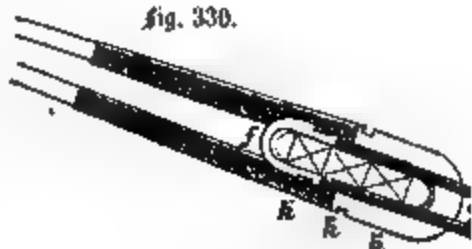


Fig. 323 bis 329. Details zur Drahthängbrücke über die Saane bei Freiburg

Die Vereinigung der Drähte erfolgte durch Umwicklung ihrer 1 einander greifenden Enden mit ausgeglühtem Draht. Die Hängeise bis 328, bestehen ebenfalls aus schwachen, mittels Defen an den Tragkabel, sowie an den Bügeln d der Brückenquerbalken e befestigten Drahtseilen c, welche zur Vermehrung der Seitensteifigkeit nach oben divergiren, sodaß die Horizontalprojectionen der Kabel einwärts gekrümmte Linien bilden.

Fig. 330.



Die Tragkabel gehen verbreitert über dreifache Rollen, f. Fig. 320, endigen, wie Fig. 330 u. 331 zeigen, in Schleifen g und sind in der Nähe der Brückenbahn mit den gleichfalls in Schlingen f endigenden Ankerkabeln durch zwei halbcylindrische Bolzen mit e verbunden, welche man durch die übereinander greifenden Endse und durch Antreiben der Reile k die Anspannung der Taue bewir

Fig. 330 u. 331. Verbindung der Rückhalte Kabel an der Hängbrücke über die Saane

Eintritt in die vertikalen Ankerschächte laufen die Ankertaue über in Fig. 328 angedeutete Rollen r.

deren Kettenkammern mittels starker Gußeisenplatten und Bolzen verankert. Die 9,48 Mtr. (30' österr.) breite Brückenbahn mit einer Fahrbahn von 6,32 Mtr. (20' österr.) und zwei Fußwegen zu je 1,58 Mtr. (5' österr.) wird von je vier Ketten zu beiden Seiten, jede aus sechs Gliedern bestehend, getragen, wovon je zwei in einem Abstände von 7,8 Cmtr. (3' österr.) neben- und je zwei in einem Abstände der Mittel von 42 Cmtr. (6' österr.) übereinander hängen. Je vier, 1,58 Mtr. (5' österr.) voneinander entfernte, Hängstangen tragen einen mittels Eisenstangen armirten Unterzug, welcher in der Mitte den doppelten Bohlenbelag der Fahrbahn und an den Enden je zwei Langschwellen mit den Querböhlen der Trottoirs aufnimmt. Das über den beiden äußersten Langschwellen errichtete, mit Diagonalverstreibungen versehene Geländer dient zugleich zur Längsversteifung der Brückenbahn. Die Stützpfeiler, über welchen die auf Rollen verschieblichen Kettenfädel ruhen, sind auf die Breite des Fahrwegs durchbrochen, während die Fußwege um die Pfeiler herumgeführt sind.

Die Mittelöffnung der Donaubrücke zwischen Pesth und Ofen, s. Fig. 334 bis 338, ist 202,99 Mtr. (666' engl.) von Mitte zu Mitte der Stützpfeiler lang, mit 14,5 Mtr. (47,58' engl.) Krümmungspfeil, während die Seitenöffnungen eine Länge von je 90,83 Mtr. (298' engl.) mit 18,29 Mtr. (60' engl.) Abstand der Auflagerpunkte von der Sehne besitzen. Die Brückenbahn, welche von den Ufern nach der Mitte um 3,66 Mtr. (12' engl.) ansteigt und eine 7,39 Mtr. (24' 3" engl.) breite Fahrbahn und zwei je 1,83 Mtr. (6' engl.) breite Fußwege besitzt, wird an jeder Seite von je zwei, zwischen Fahrbahn und Fußweg in einem Abstand von 30,48 Cmtr. (1' engl.) übereinander aufgehängten Ketten getragen, deren abwechselnd zehn und elf Glieder sämtlich 3,66 Mtr. (12' engl.) von Mitte zu Mitte der Dehre lang, im Querschnitt rechteckig und durch Bolzen von 11,25 Cmtr. (4 1/2" engl.) Stärke vereinigt sind.

Die Hängstangen, deren immer je zwei außerhalb der Kettenglieder an jenen Verbindungsbolzen in wagerechten Entfernungen von 1,83 Mtr. (6' engl.) abwechselnd an der oberen und unteren Kette hängen, umfassen, wie Fig. 335 zeigt, mittels Bügeln, an die sie zur Berichtigung ihrer Länge durch Schösser und Schrauben befestigt sind, die 14,32 Mtr. (47' engl.) langen, gußeisernen Querträger der Brückenbahn, welche den tannenen Bohlenbelag mit dem lärchenen Klopplaster der Fahrbahn und den tannenen Bohlenbelag der Fußwege aufnehmen.

Die Vertikalversteifung der Brückenbahn ist durch vier, in Fig. 335 u. 336 dargestellte, zum Theil unter dieselbe reichende Geländergitterwände zu beiden Seiten der Hängstangen, durch die äußeren Geländer der Fußwege und durch von unten gegen die Querträger angeschraubte Streckbäume, die Seitenversteifung der Brücke dagegen durch Diagonalketten, s. Fig. 335, bewirkt, welche in ihrem Kreuzungspunkte in ein gemeinschaftliches Mittelfettenglied eingehängt sind.

Ueber den Kettenpfeilern, s. Fig. 337, sowie beim Eintritt in das Verankerungsmauerwerk, s. Fig. 338, sind die Glieder der oberen und unteren Kette schwach gebogen und ruhen mittels schmiedeiserner Walzen von bzw. 25 Cmt. (10" engl.) und 12,5 Cmt. (5" engl.) Durchmesser auf starken gußeisernen Lagerstützen und Unterlagsplatten.

Die Verankerung der Spannketten geschieht, wie Fig. 338 zeigt, durch mächtige, mit Rippen verstärkte, an dem Mauerwerk anliegende Gussplatten, gegen welche sie mit Riesenbolzen befestigt sind.

Die Murbücke zu Graz besitzt 63,8 Mtr. lichte We Tragpfeilern. Die 0,93 Mtr. über dem höchsten Wasserstand Mtr. breite, aus einer 6,2 Mtr. breiten Fahrbahn in der M 4,1 Mtr. breiten Fußwegen zur Seite bestehende Brückenbahn Fahrbahn und den Fußwegen an je zwei nebeneinander liege je vier Gliedern von je 2,52 Mtr. Länge mit rechteckigem Du Hängstangen aufgehängt. Die Brückenbahn selbst besteht aus längern, über welche zur Unterstützung der, aus zwei Lagen Querbo Fahrbahn sieben Streckbäume und zur Unterstützung der, aus ebenlagen bestehenden Fußwege je vier doppelte Streckbäume gelde der Auswechselung von Unterzügen eigene Rüstungen zu ersparen denselben und unter den Tragketten eiserne, parallel zur Brück Schienen eingezogen. Innerhalb des Kettenpfeilers ruhen die einem Steinquadranten von 3,79 Mtr. Halbmesser, auf welche flächen der Kettenglieder-Dehre mit gußeisernen, in den St. Plättchen unterlegt sind.

Die Befestigung der Kettenenden, welche in jedem Pfeiler dern bestehen, ist in je zwei, tief im Mauerwerk gelegenen, vordischen, unter sich durch einen Quergang verbundenen Verankerung gebracht, und zwar ist durch alle zehn Wurzelglieder ein 1,58 ' 16 Cmt. dicker Bolzen gesteckt, welcher mit seinen Enden Pfannen gepreßt wird. Durch eine doppelte Lage schmiedelagschienen wird der Zug der Ketten möglichst vertheilt. Wurzelglieder einer Kette sind 1,26 Mtr. lang, 13 Cmt. 11mtr. dick.

Das größtentheils aus Quadern ausgeführte Mauerwerk Tiefe von 63 Cmt. unter dem niedrigsten Wasserstande auf 3,8 Mtr. tief eingerammten Pfählen und erhebt sich über der zwei, 6,3 Mtr. voneinander entfernten, zur Aufnahme der stimmten Pfeilern.

Die bei ungleichen Belastungen, Verkehrsstößen und heftig entstehenden Vertikalschwanungen der, selbst mit Vertikalversteifungen Hängbrücken hatten das Bedürfnis einer zweckmäßigeren Bewehrung und den hannoverschen Baurath Wendelstadt bei Erbautenbrücke über die Weser bei Hameln¹⁰⁷⁾ in den Jahren 18 zur Anwendung von versteiften Ketten an einer Stelle der Brücken lag, von wo ein Weg nach einer nicht in der Mitte des Flusses liegenden Insel abzweigend werden sollte, und wo deshalb, zur Her Durchfahrt, drei Paar Hängstangen weggelassen werden mußten. Konstruktion so vollkommen bewährte, daß alle aus der ungleich der Tragketten befürchteten Nachteile beseitigt waren, so führte gemachten Erfahrungen zur vollständigen Durchführung dieses Prinzips je zwei Tragketten durch einen Dreiecksverband vereinigt erst an diese so versteifte Kette die Brückenbahn mittels vertikal angehängen wird, an der in den Jahren 1842 bis 1845 zur Auskommenen Brücke über den Neckar bei Mannheim¹⁰⁷⁾, geringe Vertikalschwanungen zeigt und von welcher im Auftrage heimer Magistrats im Jahre 1855 Spezialzeichnungen angefertigt wurden.

Fig. 341 und 342. Details zur Eisenbahn-Kettenbrücke über den Donau-Kanal in

Dieses Prinzip, welches auch bei der im Jahre 1844 erbauten Brücke über die Aar in Aarau angewendet ist, fand unter „System von Hängbrücken mit versteiften Kettenwänden“ an der von über den Donaukanal zu Wien¹⁰⁵⁾ im Jahre 1859 begonnene Jahre 1860 eröffneten Kettenbrücke, s. Fig. 339 bis 342, eine jedenfalls erste Anwendung für den Eisenbahnbetrieb. Diese Kettenbrücke, welche den an beiden Ufern des Donaukanals (28' österr.) hohen Viadukt zwischen dem Hauptzollamtsgebäude

Nordbahnhofe in Wien verbindet, hat eine Spannweite von 83,42 Mtr. (264' österr.) mit 4,21 Mtr. (13' 4" österr.) Pfeilhöhe und besteht aus einer durch versteifte Ketten getragenen Fahrbahn, welche an jedem Ufer über je zwei getrennten Kettenpfeilern ruhen, sich als gerade Spannfetten bis zu dem Verankerungsmauerwerke fortsetzen und dort in einem Polygon bis zur Verankerungsstelle geführt sind.

Auf jeder Seite der Brückenbahn befindet sich im Abstände von 1,26 Mtr. (4' österr.), wie Fig. 341 und 342 zeigt, eine obere und eine untere Kette aus abwechselnd je 8 und je 9,15 Emtr. (6" engl.) breiten Gliedern von 3,16 Mtr. (10' österr.) Länge bei der oberen und 3,18 Mtr. (10,06' österr.) Länge bei der unteren Kette, welche mittels 9,45 Emtr. (3,6" österr.) im Durchmesser starker, abgedrehter, schmiedeiserner Bolzen untereinander befestigt sind. Diese Bolzen nehmen zu beiden Seiten der Ketten die diagonalen, in Form gleichseitiger Dreiecke angeordneten, Versteifungsglieder derselben und am äußersten Ende der Bolzen die Tragstangen auf, welche letztere mittels Spannringen in einer ausgedrehten Nuth an den Enden der Bolzen festgehalten werden. Die Fahrbahn besitzt Querträger mit Gitterwerk, die an je vier jener Tragstangen hängen. Letztere sind an dem unteren Ende mit Drehmuttern versehen, um die Brückenbahn in die normale Lage heben zu können. Um eine seitliche Bewegung der Brückenbahn zu verhindern und die Belastung unter den Querträgern mehr zu vertheilen, sind die Querträger an der unteren Gurttung durch wagerechte und unter den Kettenwänden durch lothrechte Kreuzbänder verbunden. Ueber und senkrecht zu den Querträgern liegen Längsschwellen zur Unterstützung der Schienenstränge, und zwischen denselben Querschwellenstücke mit einem Belage von Längsbohlen. Die je zwei übereinander hängenden Tragketten laufen durch die vier Stützpfeiler und ruhen daselbst auf einem gemeinschaftlichen, auf zehn Stahlwalzen beweglichen Auflagerkasten. Die Verankerungsketten sind nach einem Polygon über eiserne, an den Ecken des Polygons unterlegte Platten zu den Wurzelpunkten geführt und dort mittels Anker-Platten und Bolzen festgehalten. Um diese Verankerung möglichst zu sichern, sind die Gewölbebogen der beiderseits an das Verankerungsmauerwerk angrenzenden Oeffnungen des Viadukts bis zu der Verankerungsstelle fortgesetzt und über der letzteren durch Mauerwerk noch besonders belastet.

Die Brückenköpfe und Stützpfeiler sind massiv von sehr festen Quadern, der übrige Theil der Widerlagsmauern und des Lastmauerwerkes, mit Ausnahme der von den Wurzelpunkten aufsteigenden Quadergurten, mit Stein- und Ziegel-Mauerwerk ausgemauert und bloß mit Quadern verkleidet.

Die theoretische Behandlung der steifen Hängbrücken führte im Jahre 1860 und 1861 ¹⁰⁹⁾ auf den Vorschlag Röpke's, zur Vermeidung von schädlichen Spannungen durch Belastung und Temperaturwechsel zwei, durch Dreiecksver-

band in sich steif konstruirte, Brückenhälften nur in einem Punkte mittels eines Charniers zu verbinden, während sie an ihren Auflagern ebenfalls um Charniere drehbar sein sollten, ein Vorschlag, den Schwedler im Jahre 1861¹¹⁰⁾ unter gewissen Modifikationen der Versteifungsweise gleichfalls theoretisch behandelte. Jedoch sind sowol diese als verschiedene andere Vorschläge zur Versteifung von Hängbrücken von Langer¹¹¹⁾ und Franz¹¹²⁾ bis jetzt nicht zur Ausführung gelangt.

Eine eigenthümliche Anordnung zeigt die, im Jahre 1868 vollendete, dritte Brücke über die Moldau in Prag von Ordish-Lesuvre mit einer Mittelöffnung von 146,62 Mtr. (464' österr.) und zwei Seitenöffnungen von je 47,7 Mtr. (150' österr.), deren Brückenbahn 2,21 Mtr. (7' österr.) hohe Blechträger besitzt und an geradgespannten, über Kettenpfeiler geführten Tragketten aufgehängt ist. Die drei Aufhängepunkte der mittleren Oeffnung liegen in deren Mitte und rechts und links in Abständen von 25,91 Mtr. (82' österr.) und 51,82 Mtr. (164' österr.) von derselben, die Aufhängepunkte der Seitenöffnungen 25,91 Mtr. (82' österr.) von den Widerlagern. Zur Verhütung von nachtheiligen Spannungen bei einseitigen Belastungen und Temperaturveränderungen sind die erwähnten Blechträger der Mittelöffnung an den drei mittleren Aufhängungspunkten mittels gelenkartiger Verbindungen aufgehängt. Die am 29. und 30. April während 24 Stunden aufgebrachte und wieder entfernte gleichmäßige Probebelastung von nur 212 Kilogr. p. □ Mtr. (13,6 Ctn. p. □⁰ österr.) ergab in der Mitte der mittleren Brückenöffnung eine totale Einsenkung von 19,7 Cmtr. (7" 7'" österr.) und eine bleibende Einbiegung von 2,18 Cmtr. (10'" österr.) bei einer befriedigenden Gleichmäßigkeit der Senkung an den übrigen Knotenpunkten.

6. Die schmiedeeisernen Hängbrücken Rußlands. In Rußland kamen durch französischen Einfluß schon in den zwanziger Jahren Kettenbrücken zur Ausführung¹¹³⁾. Hierzu hatte das von Kaiser Alexander bereits zu Anfang dieses Jahrhunderts gegründete Institut für Straßen- und Brückenbau-Ingenieure beigetragen, an welchem Eleven der Polytechnischen Schule zu Paris als Lehrer wirkten, die eine beständige Verbindung mit ihren französischen Kollegen unterhielten. Schon im Jahre 1823 entwarf der Ingenieur Oberst G. de Traitteur¹¹⁴⁾ fünf Kettenbrücken zur Verbindung der von Kanälen durchschnittenen Stadttheile Petersburgs, wovon im Jahre 1824 die Panteleimonobrücke über die Fontanka, zwischen der Siméonof- und Pratcheshnoy-Brücke, sowie eine zwischen der blauen und Bogelouëfbrücke gelegene Brücke für Fußgänger über die Moïka, die sogenannte Postbrücke, ausgeführt wurde.

Die erstere besteht aus einer Oeffnung von 37,03 Mtr. (121,5' russ.) mit einer Kettenkurve von 42,91 Mtr. (140,8' russ.) Sehne und nahe

4,1 Mtr. (13,5' russ.) Pfeilhöhe. Die nach der Mitte sanft ansteigende Brückenbahn wird durch fünf Reihen Ketten in zwei nebeneinander liegende Fahrwege zu je 3,81 Mtr. (12,5 russ.) in der Mitte und in zwei Fußwege zu je 1,52 Mtr. (5' russ.) auf beiden Seiten getheilt

Die Transfetten ruhen mittels gebogener Glieder auf konvergen Sätteln der russ.) hohen gußeisernen, mit Schmiedeeisen armirten Portagranitenen, in die Fontanka einspringenden, zugleich die die Rückhaltketten bildenden Pfeilern errichtet sind. Jede der eihen besteht aus fünf Gliedern nebeneinander, welche 4,9 ff.) Durchmesser und an den Enden eingebogene und zusammen haben. Die Hauptglieder von etwa 1,37 Mtr. ($4\frac{1}{2}$ ' russ.) mit ringförmigen Kuppelgliedern von 15,24 Cmt. (6" russ.) rateisen von 2,5 Cmt. (1" russ.) Stärke, welche durch Bolzen ' russ.) verbunden sind. Die mittleren Tragketten besitzen über c Ausgleichung ihrer Länge. Auf jeder Kuppelung der Haupt- ußeiserner Sattel mit halbfugelförmiger, durchlochter Vertiefung, iedeiserne Tragstange von 2,5 Cmt. (1" russ.) Durchmesser damit sie sich senkrecht stellen kann, am oberen Ende in ein Ge- jener Vertiefung des Sattels entsprechenden halbfugelförmigen en in eine Gabel endigt. Mit diesen Gabeln umfassen die Trag- : fünf nach der Breite der Brücke vorhanden sind, fünf schmied- nen, auf welchen in 1,52 bis 1,83 Mtr. (5 bis 6' russ.) Ent- 22,5 Cmt. ($12\frac{1}{9}$ " russ.) starken kieseernen Querträger mit einem nd einem oberen quer laufenden Bohlenbelag ruhen. Die Quer- ihren Stirnenden in Längsbalken verzapft, deren Enden in dem Landpfeiler befestigt sind. Zur Versteifung der Brückenbahn ben neben den Fahrwegen vier Spurbalken von 32,5/22,5 russ.) Stärke festgebolzt.

n Kettengliedern verwendete sibirische Eisen hielt auf der vom incourt entworfenen Prüfungsmaschine mit hydraulischen 24 Tonnen p. □" engl. bis zum Zerreißen, und 14 bis 16 engl. bis zur Elastizitätsgrenze aus, worauf man sämtliche it 12 Tonnen p. □" engl. auf jener Maschine prüfte.

derer Vorsicht verfuhr man, um das Eisen vor Oxidation zu Rückhaltketten, soweit sie im Mauerwerk liegen, wurden mit einer Del und Ziegelmehl eingerieben und hierauf mit einem fettigen fe, Wachs und Leinöl überzogen. Man bewickelte sie dann mit t dem erwähnten Firniß getränkten, Flanelllage und füllte zuletzt ischen Ketten und Mauerwerk mit Wachs aus. Alle übrigen rden auf dieselbe Weise behandelt und mit einer dünnen Lage

aus einfachem Firniß und glänzendem Lack gedeckt. Die hölzernen Träger wurden getheert und der untere Bohlenbelag getheert und kalfatert.

Die obengenannte Postbrücke besteht aus einer Oeffnung von 35,03 Mtr. (114' 11" russ.) Weite bei etwa 36,27 Mtr. (119' russ.) Kurvensehne und $\frac{1}{18}$ der letzteren Pfeilhöhe mit nach der Mitte etwas steigender Brückenbahn. Die letztere wird an jeder Seite von je zwei nebeneinander liegenden Ketten getragen, deren 1,83 Mtr. (6' russ.) lange Hauptglieder aus 3,44 Cmt. ($1\frac{3}{8}$ " russ.) starkem Rundeisen gefertigt sind. Ein Hauptglied wechselt stets mit zwei Kupelgliedern von je 6,25 □ Cmt. (1 □" russ.) Querschnitt, womit dasselbe durch Bolzen von 3,75 Cmt. ($1\frac{1}{2}$ " russ.) im Durchmesser verbunden ist. Sechsenddreißig Tragstangen von 1,5 Cmt. ($\frac{5}{8}$ " russ.) Durchmesser tragen die Brückenbahn und zwar fassen je zwei derselben einen, auf 2,18 Mtr. (7' 2" russ.) freiliegenden, Querträger, worauf ein doppelter Bohlenbelag ruht.

Die Trag- und Rückhalt-Ketten sind hier von gleicher Anordnung. Die letzteren sind wegen, in nicht großer Entfernung quer vorbeiführender, Straßen und um großen Schwankungen nicht ausgesetzt zu sein, über gußeiserne, an die gleichfalls gußeisernen Tragpfeiler angelehnte, Quadranten senkrecht in das Widerlagermauerwerk hinabgeführt, wo sie gegen gußeiserne Ankerplatten befestigt sind.

Von demselben Erbauer wurden in den Jahren 1825 bis 1826 noch die drei folgenden Kettenbrücken in Petersburg zur Ausführung gebracht.

Die ägyptische Brücke über die Fontanka ¹¹⁵⁾ daselbst besitzt bei einer Breite von 10,67 Mtr. (35' russ.) eine Oeffnung von 54,86 Mtr. (180' russ.) mit $\frac{1}{10}$ Pfeilhöhe und wird von drei, die Fahrbahn unmittelbar berührenden Reihen Ketten zu je zwei Strängen getragen. Die aus 1,5 bis 2,1 Mtr. (5 bis 7' russ.) langen, hohl geformten Kettengliedern von 25 □ Cmt. (4 □" russ.) Querschnitt bestehenden Tragketten ruhen in beweglichen Sätteln mit Walzen auf je drei, 1,83 Mtr. (6' russ.) hohen ägyptischen Säulen an jedem Ende der Brücke, die durch zwei gußeiserne Strebepfeiler und durchgehende Gebälke zu einem Portale mit zwei Durchfahrten und zwei Durchgängen verbunden sind. Die Rückhaltketten, welche in geneigter und gerader Richtung in das aus Granit bestehende Widerlagermauerwerk hinabgehen, sind darin gegen gußeiserne Platten von etwa 1,22 Mtr. (4' russ.) Länge, 7,5 bis 12,5 Cmt. (3 bis 5" russ.) Stärke befestigt und zum Schutz gegen Oxidation von einer gußeisernen, mit einer Mischung aus Wachs und Theer gefüllten, Röhre umschlossen. Auch hier umfassen die den vorbeschriebenen ähnlich gebildeten Tragstangen Längsschienen, worauf in Entfernungen von 1,52 Mtr. (5' russ.) hölzerne Querträger mit doppeltem Bohlenbelag ruhen. Sechs eichene, zur Seite der Tragstangen festgeschraubte Spurbalken begrenzen und versteifen die Fahrbahnen und sind zur Vermehrung dieser Versteifung mit den Enden in die Pfeiler eingemauert.

Die 2,13 Mtr. (7' russ.) breite, nur für Fußgänger bestimmte, über den Katharinenkanal führende Vier-Löwen-Brücke besitzt eine Spannweite von 23,47 Mtr. (77' russ.) und 1,52 Mtr. (5' russ.) Pfeil. Nur zwei, aus dem Rachen von vier, sehr dünn in Eisen gegossenen Löwen hervortretende Tragketten aus 4,75 Cmt. (1,9" russ.) starkem Rundeisen tragen die, derjenigen der vorigen Brücke ähnliche, nur noch mit liegenden Kreuzen zwischen derselben, Brückenbahn, führen als Rückhaltketten rückwärts Tragspfeiler bildende Quadranten, in welche sie mittels einer Kette, und gehen durch eine gußeiserne Röhre in das Fundament hinab. Die Hauptkettenglieder haben 1,52 bis 2,13 Mtr. Länge und wechseln mit kurzen, hohlen Gliedern.

3 über den Katharinenkanal führende Vier-Greifensbrücke wie die vorige, besitzt dieselbe Spannweite bei 1,83 Pfeilhöhe und ist derselben ähnlich konstruirt, nur nehmen 1 vier Greifen die Ketten auf.

25 entwarfen der Generalmajor Bazaine und die Malapuyron eine kolossale Kettenbrücke über die Nema von 12' (engl.) Spannweite, ferner im Jahre 1829 Generalmajor Tenbrücke über den Fluß Kotorosle zu Jaroslawle; dessen nicht zur Ausführung kamen.

Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion. Nach der vorhergehenden geschichtlichen Betrachtung des Entstehens der Hängbrücke und die Anwendung der Seile hierin, Anwendung der Ketten und Drahtseile zu Hängbrücken und die Konstruktionsystems aber den Nordamerikanern zuzuschreiben. Kettenbrücke daselbst schon im Jahre 1796 zur Ausführung Hängbrücken etwa zwei Jahrzehnte später, nachdem man die Eigenschaften des Drahts und seine Verarbeitung zu Seilen kennen gelernt. Von Nordamerika aus wurden die Hängbrücken den Deutschen bekannt, welche erstere sich dabei vorwiegend Kettenbrücken anwendeten, während letztere fast ausschließlich die Ketten anwendeten. Erst in den zwanziger Jahren des 19. Jahrhunderts gelangten die Kettenbrücken durch französische Konstrukteure auch in Rußland zur Anwendung. Die Ketten- und Drahtseil-Brücken reicht bis in die neueste Zeit, selbst noch in den sechziger Jahren in Nordamerika (Draht-

brücke über den Ohio bei Cincinnati), England (Lambethbrücke mit Drahtkabel in London) und Deutschland (Kettenbrücke über den Donaukanal in Wien) mit Erfolg ausgeführt worden.

In dem Konstruktionsystem der Hängbrücken lassen sich drei Stadien der Entwicklung erkennen, deren erstes keine oder nur eine unvollkommene Versteifung derselben zeigt, deren zweites eine mehr oder minder ausgebildete Versteifung der aufgehängten Verkehrsbahn als solcher bewirkt, und deren drittes, in welchem wir uns gegenwärtig befinden, eine Versteifung des zwischen Verkehrsbahn und Tragkette oder Tragkabel befindlichen Zwischenraums oder eine Versteifung der Tragwand beabsichtigt. Das einfache System des ersten Stadiums erscheint infolge der, bei Sturm und bei, namentlich im Last einwirkenden Verkehrsstößen beobachteten, Schwankungen und Einstürze wenigstens für starken Straßenverkehr verlassen und für Eisenbahnverkehr überhaupt nicht tauglich.

Das kombinierte System des zweiten Stadiums, welches zuerst in Nordamerika und England, vorzugsweise durch Versteifung der aufgehängten Fahrbahn mittels Fach- oder Gitterwerk erhalten wurde, hat zwar die, selbst für Eisenbahnbetrieb erforderliche Steifigkeit erzielt, wie die Fachhängwerkbrücke mit Drahtkabeln über den Niagara beweist, besitzt aber den Nachtheil jeder Kombination, daß uns über den Antheil, welchen je eine der kombinierten Konstruktionen an der Uebertragung der angreifenden Kräfte auf die festen Stützpunkte nimmt, ein theoretisch scharfes Urtheil und darauf gegründetes Berechnen und Dimensioniren nicht zusteht. Unter den hierher gehörigen Systemen zeigt sich dasjenige der Lambethhängbrücke zu London als das konstruktiv am meisten entwickelte, indem hier eine, selbst in den Bogenzwickeln versteifte, fast schon für sich tragfähige Brückenbahn an Tragkabeln aufgehängt erscheint.

Hierauf und aus dem Bedürfniß nach noch beträchtlicherer Versteifung folgte das Bestreben des dritten Stadiums, von dieser kombinierten Konstruktion abzusehen und ein homogenes System zu schaffen, bei welchem jede nachtheilige Schwankung entweder durch eine Versteifung der Tragketten vermieden werden, oder die Schwierigkeit unbestimmbarer innerer Spannungen der versteiften Tragwand durch die Anwendung je zweier Charniere an den Stützpunkten und je eines Charniers in der Mitte beseitigt werden soll. Zeigt uns die versteifte Kettenbrücke der Verbindungseisenbahn über den Donaukanal in Wien ein, wenn auch wegen fehlender, genügender Seitengurtungen und deshalb mangelhafter Versteifung der Fahrbahnplatte nicht in allen Stücken gelungenes, Beispiel jener ersten Anordnung, so bleibt die Aus- und Einführung dieser zweiten Anordnung der Zukunft vorbehalten.

Was die Konstruktion der Tragketten betrifft, so ist die Anwendung von

heisen mit Drehen in der neueren Zeit die vorwaltende, der Tragkabel allen einzelnen Drähten, woraus jene der Uebertragung der angreifenden Kräfte auf dem end, fast durchgängig eine parallele Lage gegeben wurde, örmige Lagerung der Drähte, wie sie bei Anfertigung ambethbrücke in London ausgeführt ist, als eine Aus- r scheint.

beplatten, Rollen, Rollenstühlen und Pendeln als ger an den Stützpfeilern verdienen die Rollenstühle auf coßem Durchmesser, welche übrigens Cylinderaus- n, und wo es, wie z. B. bei schwachen Stützpfeilern, ge, den Auflagerdruck nicht örtlich verändernde Ver- er ankommt, aufrechte Pendel von hinreichender Länge ren Ende befindlichen, festliegenden Drehaxe den Vorzug- r ankerungen ist die Anwendung von Ankerplatten mit it Anwendung zugänglicher Verankerungskammern die nd in beiden Fällen eine Anwendung der besten und huzmittel des Eisens gegen Rosten entweder durch Luft- uß oder durch die Möglichkeit der Befichtigung und Er- t Anstriche beabsichtigt worden.

Die schmiedeeisernen Balkenbrücken.

Durch die bei Erbauung der eisernen Hängbrücken en hatte man sich vollkommen überzeugt, daß das ietste Material für alle, einem Zug ausgesetzten Kon- iese Ueberzeugung und das Bestreben, die kostspieligen ankerungen der eisernen Hängbrücken durch einfachere zen und besonders für den Eisenbahnbetrieb steifere rstersten Hängbrücken bilden, zu schaffen, führten im hre in England auf den Gedanken, den einem Zuge aus- ie wenigstens theilweise einem Zug ausgesetzten Ver- ; ganz aus Gußeisen bestehenden Balkenbrücken aus stellen.

fernen Balkenbrücken Englands. Eine der ältesten ist die von Stephenson im Jahre 1846 erbaute, 30 dargestellte und beschriebene Wegbrücke über die senbahn am Ende der Eisenbahnstation Cam- die Fußplatten und die beiden Vertikalplatten aus , die auf Druck in Anspruch genommene Kopfplatte

dagegen noch aus Gußeisen besteht. Da Stephenson diese und andere Brücken gleicher Art in der Maschinenfabrik von W. Fairbairn ausführen ließ, so erhielten sie auch den Namen Fairbairn'sche Brücken. Um diesen Balkenbrücken mehr Seitensteifigkeit zu geben, wählte *Stahlankern* die Röhrenform mit rechteckigem oder trapezförmigem Querschnitt beziehungsweise eine Brücke über die Althorpe-Street¹¹⁷⁾ 117) Mtr. (60' engl.) Spannweite und eine Brücke über die Court-C auf der Eisenbahn von Rugby nach Leamington von 1 (42' engl.) Spannweite, sowie die 27,4 Mtr. (90' engl.) we Eisenbahnbrücke in Gates-head, Vorstadt von New-Ca Tyne, auf Seite 130 bis 133 dargestellte und beschriebene Beispi.

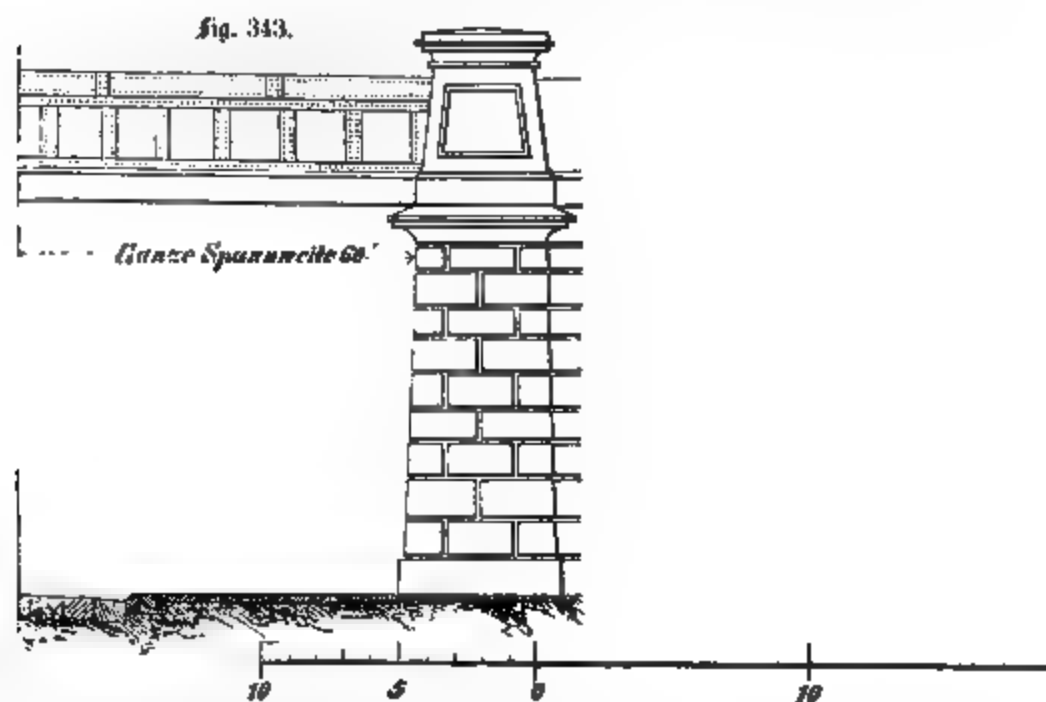


Fig. 343 bis 345. Brücke der Blackburn-Bolton-Eisenbahn.

Schon um das Jahr 1846 erklärten englische Maschinenbau dem gußeisernen Kopf dieser Brücken nicht einverstanden, indem zugaben, daß das Gußeisen die zweckmäßigste Eisengattung zur U großer und beständig ruhender Lasten sei, dagegen aber behaupteten Kesselblech für alle diejenigen versteiften Tragrippen vorzuzie welche bewegte Lasten zu tragen bestimmt seien; eine Ansicht, wel Ergebnissen der später angestellten, auf Seite 76 beschriebenen Ve kommen übereinstimmte. Infolge dieser Ansicht und weil man Kesselblech sei wohlfeiler als Gußeisen, da die Dimensionen aller Konstruktionstheile weit stärker gegriffen werden müßten, als die au Kräfte erheischten, wurden seit 1846 mehrere, namentlich bewegliche L andungs-, Dreh- und Schiebe-Brücken, ganz aus Kesselblech l Hierher gehört die seit dem Jahre 1848 von W. Fa

der i. J. 1846 ein Patent auf die Verbesserung eiserner Brückenbalken erhalten hatte, aufgestellte Brücke der Blackburn-Bolton-Bahn über eine Chaussée ¹¹⁸⁾ von 18,20 Mtr. (60' engl.) Spannweite, mit 3 Trägern, sowie die beiden, von der Raimauer zu dem großen Landungs- von Cubitt konstruirten Landungsbrücken nächst der George in Liverpool ¹¹⁹⁾, s. Fig. 346 bis 348.

11



Landungsbrücke nächst der Schiffswerfte St. George in Liverpool.

esfloß, welches aus einer, auf schmiedeeisernen Pontons Plattform von 152,4 Mtr. (500' engl.) Länge und 24,38 m Breite besteht und in einer Entfernung von beiläufig 36,58 m von der Ufermauer sorgfältig verankert ist, fällt und mit der Ebbe und Flut alle 12 Stunden 18 bis 24 Fuß, weshalb die Brückenenden auf der Plattform und Raimauer beweglich sind, daß sich die Pontons mit dem Landungsfloß, sowie die Brücken, aufwärts und abwärts bewegen können. Die Gesamtlänge beider Brücken beträgt 46,43 Mtr. (152' 4" engl.) oder 152,4 Mtr. (500' engl.) im Lichten zwischen den gußeisernen Lagern. Die Brücken haben eine mittlere Höhe an den Enden und 2,59 Mtr. (8 1/2' engl.) Höhe in der Mitte bestehen aus je einer, durch eine Scheideplatte in zwei Hälften abgetheilten Kopf-, einer Fuß- und doppelten Vertikaleisen, welche sämtlich mittels Winkelseisen untereinander vernietet sind. Die Brücken haben zu beiden Seiten der 3,35 Mtr. (11' engl.) breiten

Fahrbahn und sind in der Mitte durch schmiedeiserne Bogen mit rechteckigem Querschnitt, s. Fig. 348, verbunden. Die Fußwege liegen außerhalb derselben und sind mit leichten Geländern aus gußeisernen Stäben und schmiedeisernen Verbindungsstangen versehen, die hölzernen Querbalken sind mit jedem Hauptträger durch zwei eiserne Schraubenbolzen sowie durch eiserne Bügel verbunden.

Unter die ersten kastenförmigen Träger aus Eisenblech gehören ferner die, den Fluß unter einem schiefen Winkel von 50° schneidende, schiefe Brücke über den Trent zu Gainsborough¹²⁰⁾ in der Linie der Manchester-Sheffield und Lincolnshire-Eisenbahn mit 2 Oeffnungen von je 46,94 Mtr. (154' engl.) Spannweite und zwei 102,41 Mtr. (336' engl.) langen, 3,66 Mtr. (12' engl.) hohen, und 0,94 Mtr. (3' 1" engl.) breiten Längsträgern aus Eisenblech mit zellenförmigem, aus 2 Abtheilungen bestehendem Kopf, doppelten Fußplatten und Blechquerträgern, darüber Längsschwellen mit Bohlenbelag, sowie die von Cubitt konstruirten vier Landungsbrücken an dem Kai des Prinzenplatzes zu Liverpool¹²¹⁾ von 34,44 Mtr. (113' engl.) Länge bei einer Höhe von 3,05 Mtr. (10' engl.) in der Mitte und von 1,52 Mtr. (5' engl.) an den Enden.

Für die Konstruktion kastenförmiger Träger aus Eisenblech und die weitere Erkenntniß der Natur dieses Materials wurden die Versuche von Bedeutung, welche vor Herstellung der Conwaybrücke und der Eisenbahnbrücke über die Menaisstraße bei Bangor¹²²⁾ auf der Chester-Holyhead-Bahn auf Veranlassung Stephenson's durch Professor Hodgkinson von London und den Maschinenfabrikanten W. Fairbairn angestellt wurden, um sowol die Festigkeit der zu diesen Brücken zu verwendenden Materialien zu prüfen, als auch über das bei diesen Brücken anzuwendende Konstruktionsystem zu entscheiden.

Als nämlich der Bau einer Eisenbahn zur Verbindung der Insel Anglesea nach Wales von Chester nach Holyhead beschlossen war und sowol die Verhandlung über die Mitbenutzung der im Jahre 1826 von Telford über die Menaisstraße erbauten, auf Seite 182 beschriebenen, Kettenbrücke zur Ueberführung dieser Eisenbahn über die Menaisstraße gescheitert war, als auch das infolge dessen von Stephenson im Jahre 1844 entworfene, auf Seite 98 erwähnte, großartige Projekt einer besonderen gußeisernen Bogenbrücke über die Menaisstraße, wegen zu bedeutender Schmälierung der Durchfahrtsöffnungen, die Genehmigung des Parlaments nicht erhalten hatte, kam Stephenson nach dem Vorgang Kendel's, welcher im Jahre 1838 die Montrose-Kettenbrücke durch Gitterwerk genügend versteift hatte, und der Amerikaner, welche die Kanalarbrücke zu Pittsburg mit gewöhnlichem Fachwerk so versteift hatten, daß sie seit vielen Jahren den schweren Kanaldienst aushielt, auf den Gedanken, die Tragwände einer Kettenbrücke statt des Fachwerkes durch volle eiserne Wände und statt der oberen und unteren Streckbäume durch Plattenwerk von der nöthigen Stärke so zu ver-

stehen, daß die für den Eisenbahnbetrieb hinderlichen Schwanlkungen vermieden würden. So erhielt das zweite Projekt der Menai-Brücke die Gestalt einer an Ketten aufgehängenen, rechteckigen, schmiedeeisernen Röhre. Um den Anprall starker Seestürme auf die Seitenwandungen dieser Röhre und die hierdurch zu gewärtigenden Seitenschwanlkungen zu vermindern, projektirte indeß Stephenson später Röhren von kreisförmigem und elliptischem Querschnitt, welche sich jedoch bei den erwähnten Versuchen aus theoretisch leicht erklärlichen Gründen relativ schwächer, als die rechteckigen Röhren erwiesen. Die Resultate dieser

„Allgemeinen Wiener Bauzeitung“, Jahrgang 1849, mitgetheilt. Die große Tragfähigkeit der rechteckigen

Stephenson, nunmehr die Röhre und nicht die Kette als betrachten und demgemäß den ersten Entwurf dieser Röhre auszuarbeiten, der auch 1845 vom Par. e. Zur Bestimmung der Abmessungen ihrer einzelnen Röhre in $\frac{1}{8}$ ihrer natürlichen Größe oder von 23,77, 0,89 Mtr. (2' 11" engl.) Breite und 1,37 Mtr. (4' 6" engl.) Höhe, und neuen Versuchen unterworfen. Diese Versuche, geschlossen wurden und einen Aufwand von 6530 P. forderten, zeigten deutlich, daß der hohle Balken in sich steife, um der Ketten zu seiner Unterstützung nicht zu tr. Herstellung großer, rechteckiger, ganz schmiedeeisernen oberer und unterer Boden doppelt ist und aus d. die sie verbindenden Blechwände durch Winkelbleche en ferner die nahezu gleiche Widerstandsfähigkeit des und Druck und veranlaßten zur Erhöhung der Festigkeit ermehrung der Zellen in dem, einem Druck aus- n der Röhre. Noch ehe die Probeversuche ganz vollendet ter 1846/47 das definitive Projekt der Brücke aus- tochmals erwogen, ob es nicht zweckmäßig sei, zum

statt der Schifffahrt hinderlicher Rüstungen, Ketten- ist diesen die Röhren zusammenzunieten und zuletzt, um Tragfähigkeit zu erhalten, die Ketten beizubehalten und inen. Dieser Absicht entspricht auch die Anlage der drei ßen Spannweiten einschließenden, Pfeiler der Menai- e hoch über die Röhre hinaus ragen und oben Oeffnun- kettenstättel besitzen. Erst als der, wahrscheinlich von Clarl herrührende, Plan, die Röhren am Ufer auf t, sie auf großen Booten zwischen die Pfeiler zu itels hydraulischer Pressen an ihren Bestimmungsort , die erste Röhre erbaut und deren Tragfähigkeit als

Fig. 349 bis 351. Britanniabridge über die Meerenge, Schweiz bei Langen.

vollkommen ausreichend erkannt war, nahm man von der Anwendung der Ketten Abstand.

Der erste Niet zur Conwaybrücke wurde am 8. April 1847 geschlagen, und am 18. April 1848 ging der erste Eisenbahnzug hindurch. Der Grundstein zur Menai-Brücke wurde am 10. April 1848 gelegt, der Bau der Röhren am 10. August 1847 begonnen und am 5. März 1850 fuhr Stephenson zum ersten Mal durch seinen Röhrentunnel. Diese großartige

Britannia-Brücke genannt, weil ihr Mittelpfeiler auf den gegründet ist, s. Fig. 349 bis 361, besitzt vier Oeffnungen, 11 Mtr. (460' engl.) und zwei von 70,40 Mtr. (230' engl.) mit zwei nebeneinander liegenden, durchgehenden Röhren von (1524' engl.) Länge, welche über den Pfeilern aus je 4 zusammenge setzt wurden, nachdem man die beiden kürzeren der beiden Rüstungen an Ort und Stelle erbaut, die beiden längeren hier erbaut, auf Pontons herangefloßt und mittels hydraulischer in Bestimmungsort gehoben hatte. Diese, nunmehr zusammenge- hren wurden, wie die Figuren 352 und 353 zeigen, an dem n und unten auf feste Unterlagen, am anderen Ende, um : Längenveränderung der Röhre durch den Temperaturwechsel rschiebung zu ermöglichen, oben mittels Querbalken und Stützen unten mittels Unterlagsplatten auf Rollenstühle gelegt. Zur r Röhren gegen die vertikalen Scheerkräfte wurde sie an den ntern durch gußeiserne Rahmen, s. Fig. 352, ausgesteift.

1 stellt den Grundriß und die Daraußsicht dieser Brücke, Fig. ; derselben auf der Seite von Carnarvon bis zu deren Mitte, vollständige perspektivische Ansicht dar. Aus Fig. 352, 353 u.

bzw. der Querschnitt an den Auflagern und in der Mitte einer igur 355 der Längenschnitt und aus Fig. 356 der Grundriß während die Figuren 357, 358, 359 und 360 die Details mitten, zu dem Längenschnitt und zu dem Grundriß dar- 52 und 354 zeigt, daß, der verschiedenen Festigkeit des Eisens n und Zerreißen entsprechend, der obere Boden der Röhre ere Boden derselben nur in 6 Zellen getheilt ist, und geht : aus Fig. 357, der Querschnitt dieser Böden deutlich oberen kleinsten Zellen messen 0,53 (1' 9" engl.) im a einen Querschnitt von 4187,5 □ Emtr. (670 engl. nd sind so weit, daß ein Mann sie durchkriechen, anstreichen ls ausbessern kann. Der untere, einer Ausdehnung aus- n erforderte eine besonders sorgfältige Anordnung und s Materials, insbesondere möglichst wenige Fugen und in

den Fugen keine Verschwächung des Querschnitts. Man erreichte dies durch eine Länge von 3,66 Mtr. (12' engl.) langen Eisenplatten, die die Herstellung der beiden Böden aus je 2 Plattenlagen, deren Fuge je zweier der unteren Platten übereinander entsprach, während auf der offenen Seite eine Platte von derselben Breite und Dicke bedeckt wurde, sogenannte Kettennietung, bei welcher die Nieten längs verlaufen und dadurch deren Querschnitt und absolute Festigkeit schwächen. Durch die Anwendung jener Stoßplatten wird die Forderung einer gleichförmigen Stärke des unteren Bodens eine gleiche Anstrengung des Eisens in der vollen Länge anzunehmen war. Die Dicke der Platten wächst von 7,16" engl. (1,4 mtr.) ist, gegen die Mitte, wo sie 1,4 mtr. Die senkrechten Platten der Zellen sind 1,25 Mtr. und 1,4 Mtr. (9,16" engl.) in der Mitte stark. Alle Röhren haben 2,81 Mtr. (1 1/8" engl.) Durchmesser. Die unteren Zellen ist 3216 □ Mtr. (517 □" engl.). Die Zellen 355 und 356 in dem Längenschnitt und in den Querschnitten im Horizontalschnitt dargestellten Seitenwände der Zellen nach abwechselnd aus drei und vier 0,61 Mtr. (2' engl.) deren Dicke von der Mitte, wo sie 1,25 Mtr. (8,16" engl.) Enden bis zu 1,56 Mtr. (10,16" engl.) wächst. Die Fugen wird durch zwei, beiderseits mittels einzölliger, die Fuge genietet, T-Eisen bewirkt. An den wagerechten Platten genau aneinander und sind beiderseits mit verbunden. In der Nähe der Unterstützungspunkte ist dadurch verstärkt, daß deren Vertikalfugen durch je zwei zwischen geschobenen, starken Platten verwahrt sind. Die Röhren an den Auflagern durch die gußeisernen Fig. 352, die bewegliche Auflagerung der Röhren auf gußeisernen Balken f mittels der gußeisernen, mit der Querbalken a und der Stützen und Kugeln b am oberen gußeisernen, mit Holz unterfütterten Auflagerplatte c mit Holz überlegten Unterlagsplatte e und des, in der Fig. 353, geht aus den Holzschnitten hervor.

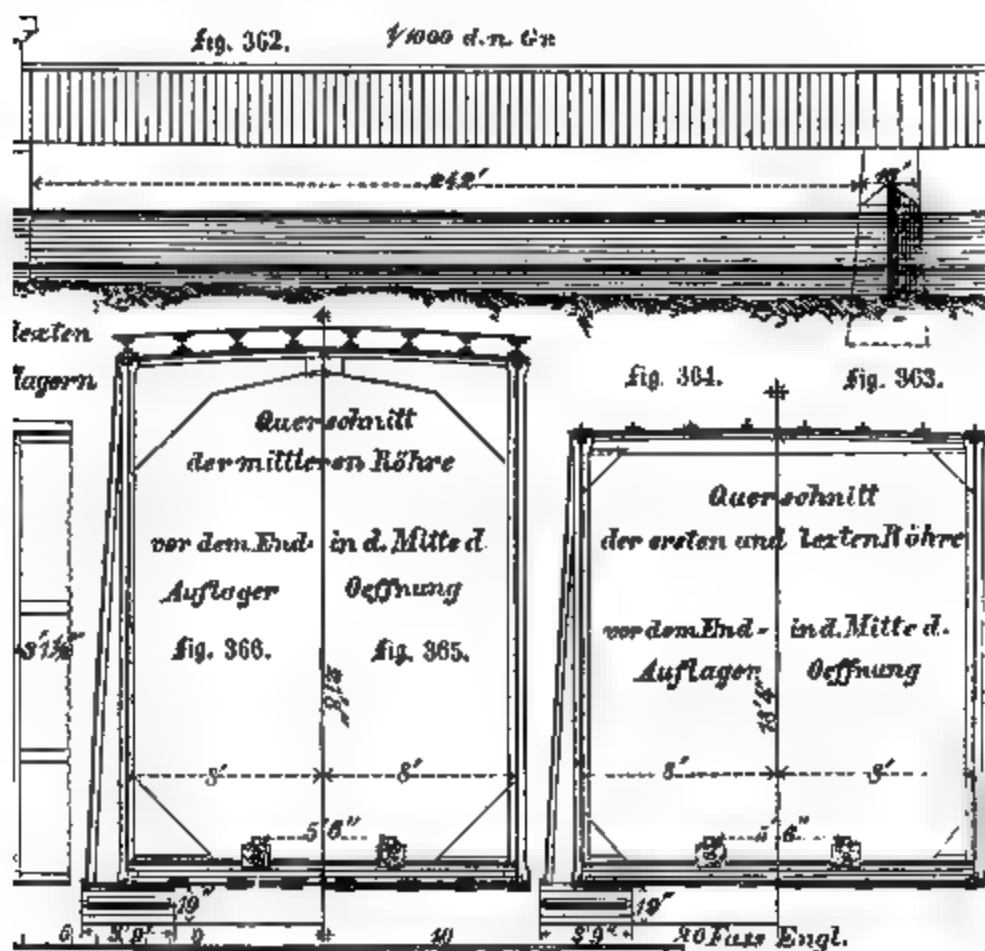
Die Conwaybrücke mit nur einer Oeffnung von 121,92 mtr. ist dieselbe, wie diejenige der Britannia-Brücke und nur hinsichtlich der Ausführung von derselben verschieden. Die Röhren der Conway-

Brücke wurden zuerst, und zwar, um den Transport so viel wie möglich zu erleichtern, nahe bei deren Baustelle erbaut. Der Werkplatz war so gewählt, daß eine Plattform errichtet werden konnte, unter welche man später die zum Flößen bestimmten Pontons brachte und für welche der das Ufer bildende feste Schieferfelsen ein gutes Fundament darbot. Nach Vollendung der ersten Röhre errichtete man unter deren Enden, genau in der Entfernung ihrer Spannweite, steinerne Pfeiler, worauf man die Plattform und Gerüste wegnahm und zur Prüfung der Röhre schritt, deren letztes Ergebnis bei einer gleichförmigen Belastung mit 1320800 Rgr. oder 1300 Tonnen Röhrengewicht und 305816 Rgr. oder 301 Tonnen beweglichem Gewicht eine Durchbiegung von 27,37 Cmt. (10,95" engl.), also von $\frac{1}{438}$ ergab. Hierauf brachte man am 6. März 1848 sechs starkgebaute Pontons von zusammen 2400 Tonnen Tragkraft, mit wasserdichten Decken und Klappen zum Wassereinlassen und augenblicklichen Senken versehen, unter die Röhre und bewirkte nach eingetretener genügender Fluthöhe das Flößen an die Baustelle. Die Einschwenkung der Röhre, für welche man nur einen Spielraum von 30 Cmt. (12" engl.) zwischen den Pfeilern vorgesehen hatte, erfolgte ohne Anwendung von Dampfkraft durch Winden, welche auf den Pontons aufgestellt waren und von hier aus bewegt wurden, so genau und glücklich, daß in weniger als $\frac{3}{4}$ Stunden die Röhre auf die für sie, etwa 8 Fuß über dem gewöhnlichen Flutwasserstand, hergerichteten starken Quadvorsprünge abgesetzt war.

Das Heben der Röhre an ihre definitive Auflagerstelle wurde mittels zweier, auf den beiden Landpfeilern aufgestellter hydraulischer Pressen bewirkt, deren Kolben oben mit einem Querkoch versehen waren, woran man links und rechts die Röhren mittels zweier Ketten anhing, deren Gliedlängen der Hubhöhe des Kolbens entsprachen. Auf jenen Kochen, sowie auf den starken, gußeisernen Balken, worauf die hydraulischen Pressen standen, befanden sich in, jenen Gliedlängen entsprechenden, lothrechten Abständen auf jeder Seite einer Presse zwei Klemmapparate, deren Klammern durch Schraubenspindeln geöffnet und geschlossen und auf diese Weise zum Abfangen der mit Schultern versehenen Kettenglieder benutzt werden konnten. Beim Heben der Röhre wurden die oberen Klammern zusammengeschraubt und hierdurch die Kettenglieder an ihrem oberen Ende gefaßt, die unteren Klammern geöffnet und die Presse in Thätigkeit gesetzt. Da die Länge der Kettenglieder gleich der Hubhöhe war, so kamen im gleichen Augenblick, in dem der Kolben an das Ende seines Hubes kam, die Schultern anderer Kettenglieder zwischen die unteren Klammern und konnten mittels dieser festgeklemmt werden. Hierauf wurden die oberen Klammern geöffnet, die Kolben mit den oberen Klammern herunter gelassen und die Schultern des nächstfolgenden unteren Kettenglieds mit denselben gepackt. Zur Vermeidung der heftigen Oscillationen, welche Anfangs beim gleichzeitigen

mpen, die das Wasser in die hydraulischen Pressen drängten, so man später die Hube der Pumpen auf beiden Pfeilern abschaffte dadurch die Röhre, während man sie von einem fliegenden gleichzeitig untermauerte, glücklich auf die ihr angewiesene alte gleiche Röhre der Conwaybrücke war am 23. Sept. 1848 2. Oktober zwischen die Landpfeiler gelöst und am 8. Dezember gehoben. Die am 2. Januar vorgenommene Probe bestand aus einer Last von 239776 Kgr. oder 236 Tonnen über den mittleren Theil (300' engl.) langen Theil der Brücke, wodurch eine Senkung von 1,4" engl. verursacht wurde, die jedoch nach Entlastung vollkommen verschwand.

In der Britannia-Brücke wurden in ähnlicher Weise aufgebaut, mehr oder minder glücklichen Nebenumständen zwischen die Pfeiler und an ihre definitive Lagerstelle gehoben.



bes 367. Victoriabrücke über den St. Lorenzstrom bei Montreal in Canada.

Die Bauart und Konstruktion der Britannia- und Conway-Brücke riefen nach weiteren Erfahrungen, worunter die Brücke über den Airefluß zu Brotherton. Die 2 englische Meilen lange Victoriabrücke über den St. Lawrence bei Montreal in Canada die bedeutendsten sind, hervor und

gaben zu einer vermehrten Anwendung und sorgfältigen Ausbildung der schmiedeeisernen kastenförmigen Träger auch von kleinerem Maßstabe, besonders in England und Frankreich, Veranlassung.

Die genannte Brücke über den Airefluß bei Brotherton¹²³⁾ hat eine Oeffnung von 68,58 Mtr. (225' engl.) Spannweite und besitzt zwei 30 Cmtr. (12" engl.) breite, durch eine gewölbte, 1,25 bis 1,87 Cmtr. ($\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ " engl.) starke, mittels Vertikalblechen und Winkelleisen verstärkte Decke verbundene Oberrahmen, während der Unterrahmen aus einem durchgehend doppelten Boden von je 0,47 bis 0,78 Cmtr. ($\frac{3}{16}$ bis $\frac{5}{16}$ " engl.) Stärke besteht.

Die Victoriabrücke bei Montreal¹²⁴⁾, s. Fig. 362 bis 367, enthält 25 Oeffnungen, deren mittlere 100,58 Mtr. (330' engl.), während jede der übrigen 72,86 Mtr. (242' engl.) Weite besitzt. Die lichte Höhe von dem gewöhnlichen Sommerwasserspiegel des St. Lorenz bis zu der Unterfläche der mittleren Röhre beträgt 18,29 Mtr. (60' engl.) und nimmt nach jeder Seite hin mit einer Neigung von 1 : 130 bis zu 10,97 Mtr. (36' engl.) an den Ufern ab. Die Röhren, welche ganz in derselben Weise und mit derselben Maschine, wie bei der Britanniabrücke, zusammengesetzt und vernietet wurden, sind an jedem Ende 5,79 Mtr. (19' engl.) hoch und nehmen bis zu einer Höhe von 6,86 Mtr. (22' 6" engl.) in der Mitte zu. Die Weite jeder Röhre beträgt 4,88 Mtr. (16' engl.) oder 3,20 Mtr. (10' 6" engl.) mehr, als die in Canada landesübliche Geleise-Spurweite von 1,68 Mtr. (5' 6" engl.). Die 24 Strom- und 2 Land-Pfeiler sind aus Blöcken von blauem Kalkstein aufgemauert, welche, zur Herstellung der nöthigen Widerstandsfähigkeit gegen den Eisstoß, selten unter 7 Tonnen schwer und mittels des besten hydraulischen Kalks und starker eiserner Bolzen nebst Bleiverguß untereinander verbunden sind.

Unter die Nachbildungen in kleinerem Maßstabe ist die von Fowler erbaute zweigeleisige Torkseybrücke über den Trent¹²⁵⁾, s. Fig. 368 bis 370, mit 2 Oeffnungen von 39,62 Mtr. (130' engl.) Spannweite zu rechnen, deren Fahrbahn auf zwei, zu beiden Seiten derselben angebrachten, 3,05 Mtr. (10' engl.) hohen, kontinuierlichen Kastenträgern B, s. Fig. 369, ruht, deren oberer Boden aus je 2 Zellen a, s. Fig. 370, und deren unterer Boden g aus einer doppelten, etwas vorspringenden Platte besteht. Auf den inneren Vorsprüngen der letzteren liegen schmiedeeiserne, doppelt T-förmige Querträger f, welche auf Längsschwellen einen Bohlenbelag mit dem doppelten Schienengeleise aufnehmen.

Auch Brunel stellte Balkenträger ganz aus Kesselblech her, indem er eine Kopf- und eine Fuß-Platte durch Winkelbleche mittels Nieten verbinden ließ; eine Konstruktionsweise, womit er auf der Süd-Wales-Bahn Oeffnungen bis zu 30 Mtr. überbrückte.

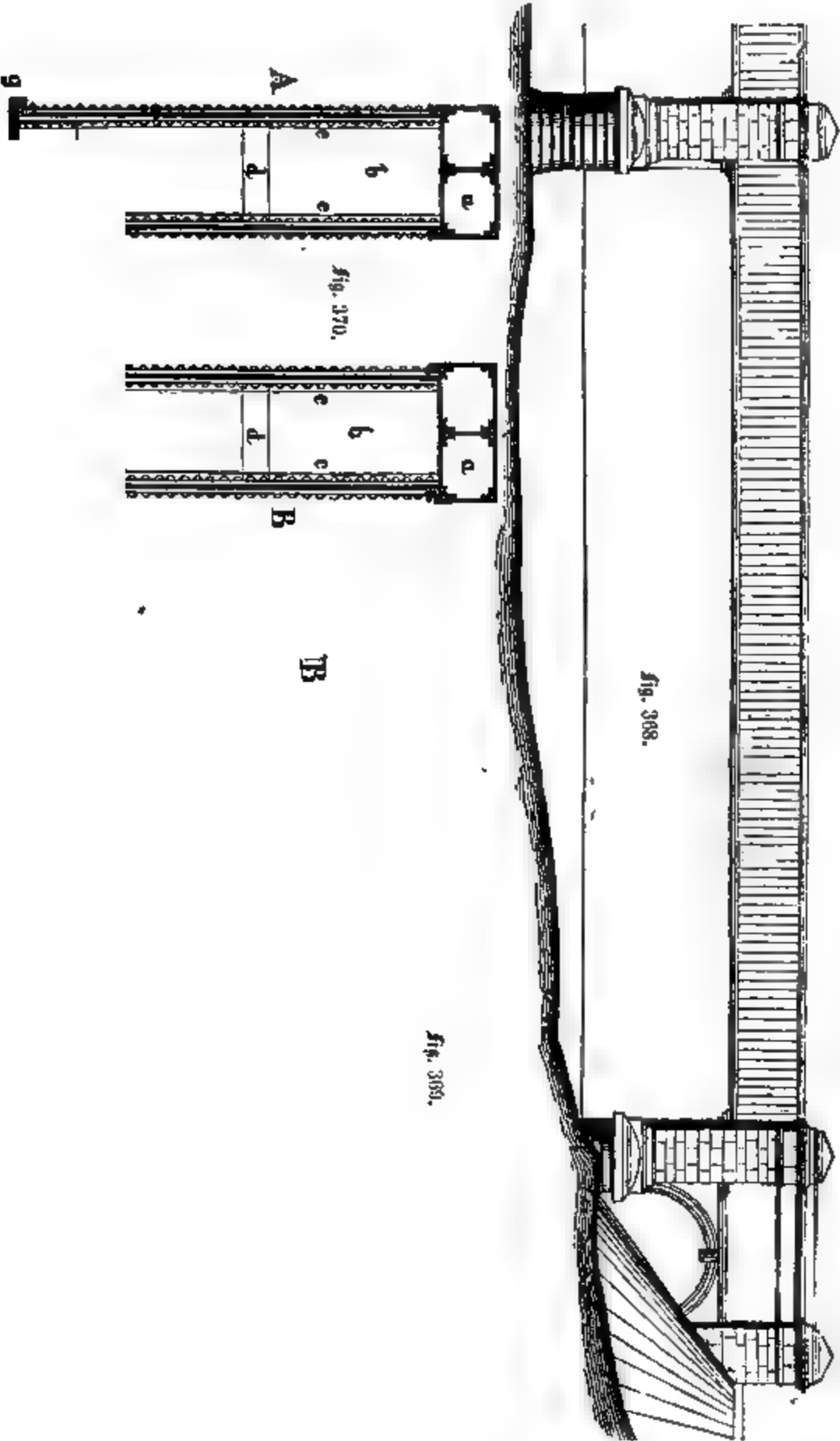


Fig. 371 bis 381. Brücke über den Weg bei Chyrow.

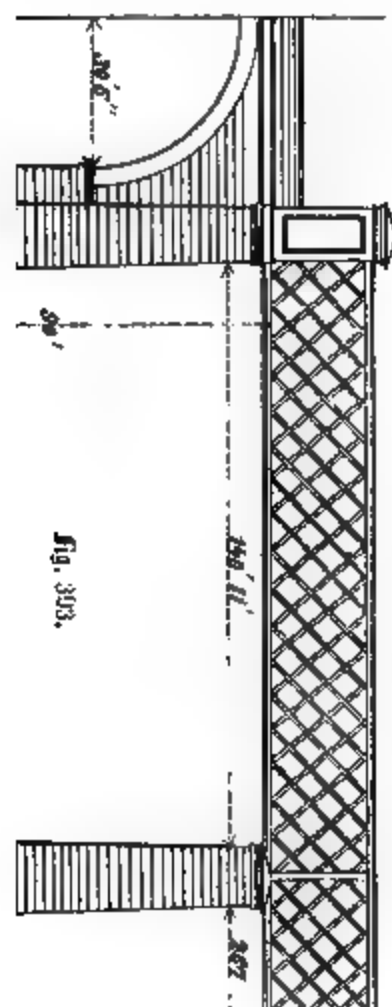


Fig. 393.

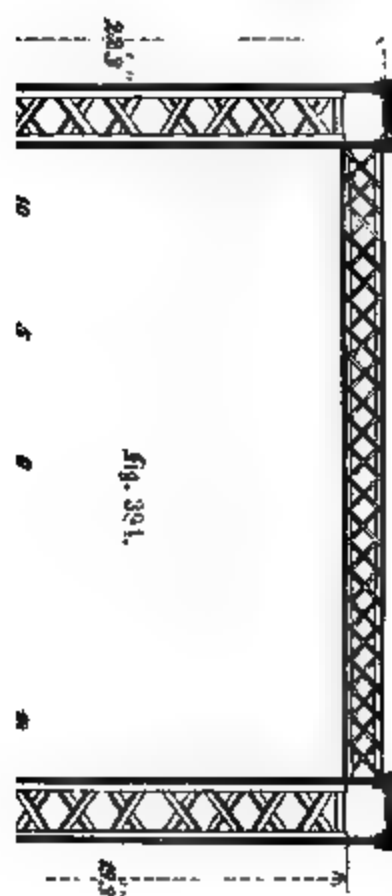


Fig. 394.

Die Mängel dieser Konstruktion wurden bei der im Jahre 1855 von James Barton erbauten kontinuierlichen Gitterbrücke über den Boynefluß bei Drogheda¹²⁰⁾ in der Linie der Dublin-Belfast-Eisenbahn, s. Fig. 393 und 394, welche eine mittlere Oeffnung von 81,36 Mtr. (267' engl.) und zwei Seitenöffnungen von 42,97 Mtr. (140¹¹/₁₂' engl.) überspannt, dadurch vermieden, daß für die zweigleisige Bahn nur zwei Träger, und zwar aus doppelten, 0,76 Mtr. (2¹/₂' engl.) von einander abstehenden Gitterwänden mit 2,26 Mtr. (7' 5" engl.) nach der Diagonale weiten Maschen angeordnet wurden, deren gedrückte Stäbe man zur Vermehrung der Seitensteifigkeit durch aufgenietete Winkel-eisen von 7,5 Cmt. (3" engl.) Schenkellänge und 0,94 Cmt. (3/8" engl.) Dicke verstärkte und je zwei gegenüberliegende derselben nach der Breite der Brücke überdies durch Gitterwerk aus 6,25 Cmt. (2¹/₂" engl.) breiten, 0,63 Cmt. (1/4" engl.) starken Stäben, s. Fig. 394, verband. Im Uebrigen erhielten die Gitterstäbe eine durchgängige Stärke von 1,56 Cmt. (5/8" engl.) bei einer zunehmenden Breite von 11,25 Cmt. (4¹/₂" engl.) in der Mitte der mittleren Oeffnung bis zu einem Maximum von 26,25 Cmt. (10¹/₂" engl.) an den Auflagern. Die Brückenbahn wird durch 2,26 Mtr. (7' 5" engl.)

besteht aus 15 Cmt. (6" engl.) starken Schwellen, welche dicht aneinander auf die oberen Rahmen gelagert und mit diesen in Zwischenräumen verschraubt sind. Ueber diesen Querschwellen liegen Längsschwellen mit den Brückenschienen der Geleise. Leichte gußeiserne Geländer begrenzen die Brückenbahn.

Waren bis dahin fast ausschließlich Parallelträger gekommen, so gaben wahrscheinlich die, schon seit dem 17. (Laves¹³¹) in Holz und Eisen ausgeführten, Brückenträger eines Körpers von gleichem Widerstand, wovon derselbe im Modell mit einer nach der Kettenlinie geformten Spannungsur Brunel vorgelegt hatte, den englischen Brückeningenieur zur Ausführung auch bogenförmiger Brückenträger aus sogenannten bow-string-girder-bridges, worunter die von Fox und Henderson unter der Leitung von Josef Rugeleiseige Brücke auf der Verbindungsbahn der Blackwall-Counties-Bahn¹³² mit 36,57 Mtr. (120' engl.) Spannweite, f. Fig. 405 u. 406, sowie die von Brunel erbaute schiefe Brücke über die Themse zur Verbindungsbahn mit der Great-Western-Bahn bei Windsor¹ bis 413, von 60,96 Mtr. (200' engl.) Spannweite und 7,6 Pfeilhöhe hervorzuheben sind.

Erstere besitzt einen kastenförmig, im Bogen gebauten einen aus abwechselnd 9 und 10 aufrecht stehenden, 2,44 Mtr. hohen, unter sich steif vernieteten Kettengliedern von 20 Cmt. und 1,87 Cmt. ($\frac{3}{4}$ " engl.) Stärke dargestellten wagrecht der durch doppelt T-förmige, je 2,44 Mtr. (8' engl.) von einander entfernten Vertikalständer und dazwischenliegende flache Diagonalstäbe Rahmen verbunden ist.

Die Windsorbrücke enthält für 2 Geleise zu 2,1 Spurweite 3 Tragwände, wovon jede an beiden Enden auf Säulen von 1,83 Mtr. (6' engl.) Durchmesser, f. Fig. 408, ruht. Das Bogenhängewerk, welches ganz aus Schmiedeeisen ist, besteht aus bogenförmigen, im Querschnitt dreieckigen Oberrahmen derselben, 106,86 Cmt. (42" engl.) breit und 96,44 Cmt. (38" engl.) hoch, der wagrechte doppelt T-förmige Unter Rahmen bei einer Höhe von 6' engl. eine 75 Cmt. (30" engl.) breite, abwärts gebogene Fuß-Platte besitzt. Zu beiden Seiten des Unter Rahmens sind Laschen angenietet, woran die versteiften, H-förmigen Vertikalständer, sowie die flachen, regulirbaren Befestigungen sind, f. Fig. 410.

liegenden Gliedern als Unterrahmen befestigt sind, die ähnlich wie bei den Hängebrücken angeordnet und an beiden Seiten mittels starker, auf Druck construirter, nach der Breite der Brücke durch Quer- und Diagonal-Stäbe verstärkter Vertikalpfosten und flacher, gekreuzter Zugbänder mit dem Oberrahmen verbunden sind. Die Figur 416 und 417 stellt diese Anordnung und Figur 418 die Verbindung der Vertikalpfosten mit den Stützwänden in der Mitte der Hauptöffnungen in größerem Maaßstab dar. Die Pfeiler, die Träger der beiden Hauptöffnungen stützende Pfeiler, die mit ernstlichen Schwierigkeiten verbunden war, besteht aus einem Sockel, welcher vier gußeiserne, durch Andreaskreuze verstärkte Säulen aufnimmt, und wird im zweiten und dritten Abschnitt näher besprochen werden, während die beiden, von der Fundamenthöhe der Balken bzw. 33,38 und 40,76 Mtr. hohen Pfeiler der anstoßenden kleineren Joche aus zwei durch schmiedeeiserne Zugbänder und gußeiserne Verbindungen gemauerten Pilastern gebildet sind.

3. Die schmiedeeisernen Balkenbrücken Frankreichs, Belgiens. Die ersten schmiedeeisernen Balkenbrücken in Frankreich waren Nachahmungen der englischen, insbesondere Stephenson konstruirten Brücken und wurden zum Theil von Ingenieuren ausgeführt.

Als eine Nachbildung der Brunel'schen Balkenbrücke in Fig. 419 bis 425 dargestellt im Jahre 1851, unter der Leitung von Gouin und Cie. konstruirte viergeleisige, schiefe Brücke der französischen Westbahn über die Straße von Paris namit einer Spannweite von 21,65 Mtr., parallel zu den Gleisen. Sie schneidet die Straße unter einem Winkel von 25° und hat Brunel'sche Balken als Hauptträger zu beiden Seiten der Brücke rechtwinklig zur Straßenachse A B gelegten, in der Mitte der Brücke zwischen den Landpfeilern, an den Enden der Brücke einerseits auf den Pfeilern und andererseits auf jenen Hauptträgern ruhenden doppelten Querträgern. Auf diesen Querträgern ruht ein Belag von, parallel gelegten, Bohlen und hierüber acht, zur Unterstützung der Brücke dienende Längsschwellen. Die Figur 419 stellt den halben Grundriss der Brücke nach A B, Fig. 421 das Querprofil der Brücke nach C D, Fig. 422 und 423 bzw. den Grundriß und Längenschnitt der Brücke und 425 bzw. den Grundriß und Längenschnitt der beweglichen Brücke dar.

Fig. 128

Fig. 126

Die in den Figuren 431 bis 433 dargestellte Brücke über den Ciron besitzt eine Spannweite von 30 Mtr. und drei Träger, zwischen welchen zwei Geleise liegen und wovon das mittlere höher und stärker gebaut ist als die beiden seitlichen. Ueber den Auflagern endigen dieselben, wie Fig. 431 zeigt, in einen nach unten gelehrten winkelförmigen Ansaß, auf welchem sie ruhen und mittelst dessen sie in die Randpfeiler eingelassen sind. Die Querträger bestehen aus Schmiedeisen, besitzen, nach Fig. 433, gleichfalls doppelt T-förmigen Querschnitt, sind mit den Hauptträgern durch Winkelbleche verbunden und nehmen gleichfalls doppelt T-förmige Zwischenträger zwischen sich auf, über welchen ein Belag von eichenen Bohlen mit den Geleisesträngen und eine Beschotterung zur Verhütung von Feuergefähr liegt.

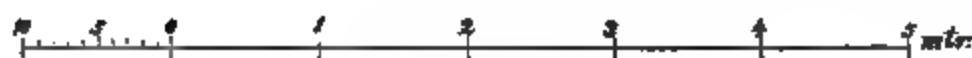
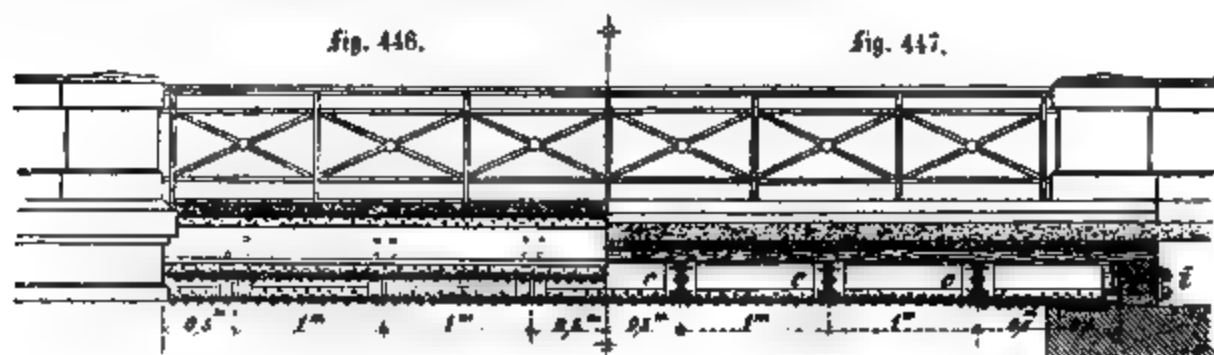
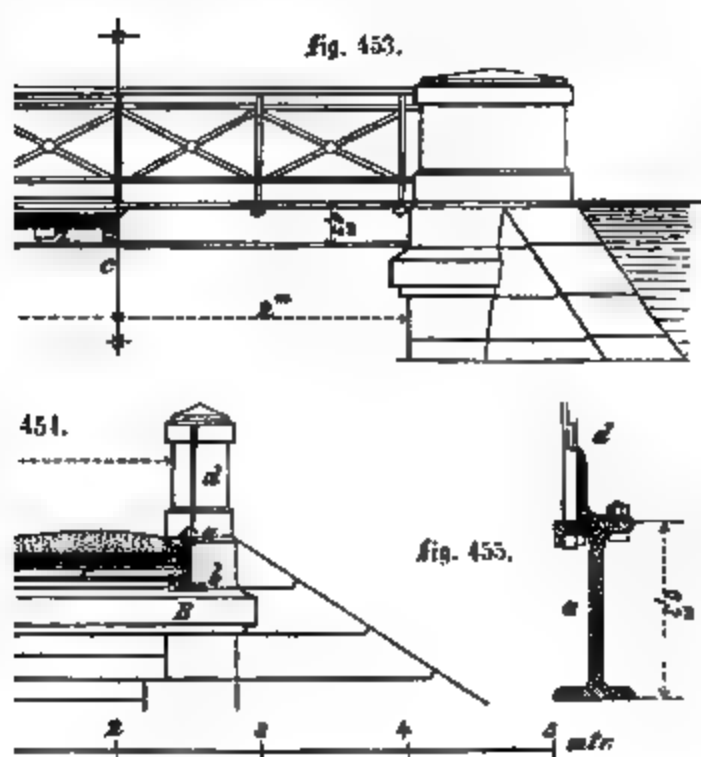


Fig. 446 bis 449. Französische Birnmalwegbrücken.

Die Garonnebrücke zu Langon in der Linie von Bordeaux nach Cette, s. Fig. 434 bis 445, hat drei Oeffnungen, wovon die mittlere 74,4 Mtr. und die beiden seitlichen 64,08 Mtr. Spannweite besitzen, und zwei kontinuierliche Hauptträger, zwischen welchen zwei Geleise liegen. Fig. 434 zeigt deren halbe Ansicht, Fig. 435 deren halben Grundriß, Fig. 436 und 437 deren Querschnitt am Land- und Strom-Pfeiler. Die wagrechten Kopf- und Fuß-Platten der Hauptträger, deren Zusammensetzung längs der Brücke sich annähernd aus Fig. 442 ergibt, sind durch seitliche Vertikalbleche, s. Fig. 439 und 440, nochmals versteift, während ihre Vertikalwandungen auf die in den Figuren 443, 444 und 445 bei d, e und f angedeutete Weise durch T-Eisen, Winkel- und Flach-Eisen ausgesteift sind. An die Hauptträger sind die schmied-

weite besitzt, deren Höhe nach den Enden hin abnimmt und deren Oberrahmen aus Gußeisen besteht, über dem Mittelpfeiler aber durch Schmiedeeisen verstärkt ist. Ueber den Trägerenden befinden sich drei bogenförmige Querverbindungen unter denselben hölzerne Querschwellen, welche die Langschwellen mit den Schienen aufnehmen.

Später, besonders in Frankreich, im Walzenbauem Stück machte, führten in neuerer Zeit Trägern auch zum Brückenbau, s. die Figuren 451 bis 455. Französische Eisenbahnbrücke von 4 Mtr. Spannweite aus Einem Stück gewalzter Doppel-T-Balken



55. Französische Eisenbahnbrücke.

hier die Hauptträger der Geleisestränge aus je einem solchen Balken gebildet, auf welchem mittels eiserner Geländer befestigt ist. Zwischen den auf deren Fußplatten liegen die durch Schlappen c, welche einen doppelten Belag aus Längsbohlen mit darüber liegender Beschotterung aufnehmen. Geländerträger, welche in Frankreich und Belgien noch das unter den gemischteisernen Trägern, zu rechnende System zu rechnen, welches der

belgische Ingenieur Neville im Jahre 1846 vor der von Brücken über mehrere Kanäle und kleine Flüsse, Charleroi nach Erquelines in Vorschlag gebracht, statt voller Wandungen zur Verbindung Gurtungen Stäbe zu benutzen, welche mit diesen u. oder wenigstens gleichschenkelige Dreiecke bildeten.

belgischen Regierung zur Prüfung dieses Systems dasselbe zwar zu Eisenbahnbrücken für anwendbar er verhältnißmäßig großen Einsenkungen des 21,6 Mtr. Trägers bei den Probelastungen an dessen Angestüpfte hatte, welche seiner Verbreitung nicht günstig unter Anderem Anwendung bei einer Brücke über die Bahn zwischen Charleroi und Erquelines von 21,6 wie bei einer solchen über den Ruppel zwischen Verviers mit sechs Öffnungen zu 26,5 Mtr., einer und einer Öffnung mit einer zweiarmigen, 45,3 Mtr. welche beide auf Seite 133 und 134 näher beschrieben

In Holland fanden die bereits im Jahre 1841 in Schmiedeeisen ausgeführten Gitterbrücken bald nach z. B. bei einer Eisenbahnbrücke zwischen Haarlem und Amsterdam welche wieder den Brücken über die Ruhr in der Rheinisch-Westfälischen Bahn zum Vorbild diente.

Außer den schmiedeeisernen Parallelträgern wurden englischen Bow-Strings auch Träger mit gekrümmten Stielen worunter die Brücken von Caen und Isigny zu nennen

Die, in Fig. 456 und 457 in halber Ansicht durch die Mitte dargestellte, zweigiebelige Brücke (Caen 140) in der Eisenbahn von Paris nach Cherbourg von 44 Mtr. lichter Weite ist im Jahre 1858 Ingenieur erbaut worden und besitzt drei 46,5 Mtr. hohe Bogenträger mit oberen gekrümmten Rahmen, welche an den Enden durch Eisenblechtafel senkrechte Ständer und Diagonalbänder miteinander oberen und unteren Gurtungen der Tragrippen haben welcher bei der oberen Gurtung des mittleren, zwischen Trägers durch Winkelisen verstärkt ist, die deren wasserdichten, während die Pfosten aus je zwei Querplatten die gezogenen und gedrückten Diagonalbänder beide aus Eisenblech bestehenden, 2,54 Meter v. 0,36 Mtr. zwischen den Gurtungen hohen Quertr

Querschnitt und ruhen auf der wagrechten Platte der unteren Gurtungen.
Die zwischen dieselben eingeschalteten Längsträger bestehen aus paarweise, direkt

und 14 Cmt. Weilhöhe geschlossen, die sich gegen steinerne Kämpfer legen, unteren Rippen der Mittelschienen und den horizontalen Reihen, längs der Zugbänder angenietet, Winkeln. Diese Gewölbe nehmen das über ihren Scheiteln liegend auf, in welches die durch hölzerne, 15 Cmt. im mit Winkelbändern befestigte Verstreben verbundenen, und 18 Cmt. hohen Langschwellen mit den Fahrschienen Zusammenhang mit den eisernen Konstruktionstheilen, ein-

nde besitzen eine innere Bogensehne von 27,8 Mtr. der Höhe des Pfeils von 4,675 Mtr., des Zugbands und des Bogens im Scheitel von 35 Cmt., eine Gew. 985 Mtr. Der Querschnitt der von dem Scheitel bis von 35 bis 80 Cmt. zunehmenden Tragbogen und der doppelte T-Form und ist in den geeigneten Abständen durch te T-Eisen ausgesteift. Die Verbindung der Tragbogen rn ist durch eine auf die Länge von 1,55 Mtr. bewirkte erten Gurtung des Tragbogens mit der oberen Gurtung gestellt. Die beiden Tragbogenhälften endigen am Scheitel mit starken Stahlbügelarmierte Köpfe, s. Fig. 462. zwei Vorsprünge mit einem Einschnitt zur Aufnahme der aufsteile haben. Damit sich letztere infolge der bei ein- n im Scheitel auftretenden, lothrechten Schwerkraft nicht . können, sind sie oben und unten mit flachen Schienen

änder und Diagonalstäbe bestehen aus T-Eisen, deren n Tragbogen und Zugbändern durch halbkreisförmige ech bewirkt ist. In dem Durchschnittpunkt der Diagonal- 13, der andere durchschnitten und eine kreisförmige Scheibe zen genietet.

ndung der Bogen besteht aus zwei Systemen von Stangen, rallel mit den Widerlagern und die anderen senkrecht zur

de ruhen an einem Ende auf einer, mit zwei Rippen ver- rundplatte eingreifenden, 2 Mtr. langen und 2 Cmt.

zwischen welche eine Bleitafel von 1 Mtr. Stärke einge- zur Längenverschiebung durch die Temperatur bestimmte is wälzt auf 13 gußeisernen, 15 Cmt. voneinander Balzen von 10 Cmt. Durchmesser und 2 Cmt. Wand- niederisernen, mit Seitenplatten verschraubten Zapfen ver-

sehen sind und dadurch in ihrem gegenseitigen Abstand erschließung erfolgt auf einer 15 Mtr. starken, mittels 1 Emtr. Stärke auf dem Widerlagspfeiler ruhenden, 2 Mauerwerk vor Stößen geschützt wird.

Die an den Enden erhöhten Querträger der doppeltem T-Eisen mit einer Stehrippe von 8 Mtr. Eisen von 75 Emtr. Breite bei 10 Emtr. Stärke, deren Rippen der Zugbänder umgebogen und an dieselben an Verspannung der Querträger dienenden doppelt T-förmigen Querträgern durch Winkleisen verbunden.

Eine besondere Konstruktion, welche übrigens in ihrer Form ein frühes Vorbild in der hölzernen Brücke über bei Soliet und ein späteres, ausgebildeteres Vorbild in System Mc Callum, z. B. die der Brücke über den Delaware-Port-Erie-Bahn in Nordamerika, findet und gleichsam die den Trägern mit parallelen und gekrümmten Rahmen den Oberbau der Brücke über den Ried bei Ruilenburg begriffenen Bahn von Utrecht nach Herzogenbusch mit von 80 Mtr., sieben Flutöffnungen von 57 Mtr. und von 150 Mtr., der größten bis jetzt ausgeführten Eisenwerkträgers. Der obere Rahmen desselben ist gekrümmt, beide schneiden sich jedoch nicht über dem Stützpunkt selbst durch einen 7,52 Mtr. hohen Rahmen aus Eisen verbunden, während die Höhe des Trägers in seiner Mitte. Das Stabsystem besteht aus vertikalen, 4 Mtr. hohen Pfosten aus vollen, durch Winkleisen und Platten aus von 1 Mtr. Breite und sich nur in den Mittelfeldern freigegebenen Zugbändern und ist ein sogenanntes dreifaches. Die Brücke über die Waal bei Bommelerwaard mit Flutöffnungen zu 57 Mtr., drei Öffnungen zu 120 Mtr. an der vorgenannten Brücke ähnlichen, Ueberbau erhalten.

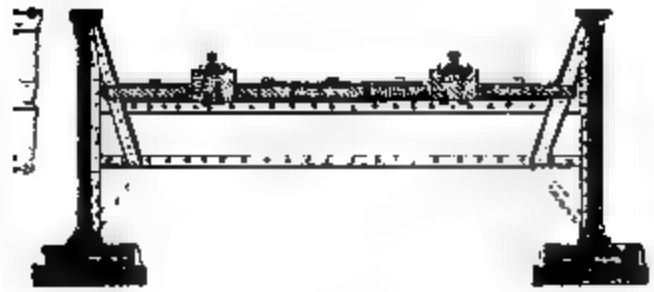
4. Die schmiedeeisernen Balkenbrücken Deutschlands. Bis um die Mitte der 40er Jahre war in Deutschland fast ausschließlich das Gußeisen verwendet worden. In Deutschland verwandten, schmiedeeisernen Brückenträger förmigen Balken, welche um das Jahr 1846 in England in Hannover, aufkamen und bei den Eisenbahnbrücken die erste besondere Ausbildung erfuhren, ferner die zuerst auf der Welt ausgeführten schmiedeeisernen Gitterträger, sowie die

tt. Die Träger der eisernen Brücken

nschienen, welche entweder zu Parallel-
umengesetzt wurden.

förmigen Träger, statt der in Eng-
ichen kastenförmigen, hatte den Zweck,
o stark zu machen, als nöthig war, um
oberen Rahmen auf den unteren und
den oberen zu bewirken, was zur An-
Stehrippe, führte, wobei sich zugleich
als dies bei den hohlgebauten der Fall
nd erforderlichen Falls ausbessern ließ.
ren Rahmens mit der Stehrippe wurde
einen Blechtafeln der Stehrippe durch

Fig. 464.



Hann.



über die Lüne im Göttingen.

Ntr. (30' hann.) wurden die hannover-
eleise mit drei solchen Trägern versehen,
durch gleich hohe Querträger aus Eisen-
nahme von Querschwellen dienten, die
Schraubenbolzen verband und worüber

weiten, wie bei der in Fig. 463 bis 464
ei Göttingen, wandte man für jedes
te liegende Doppelt-T-Träger von einer,
agenden, Höhe an, deren Rahmen man,
, aus mehreren aufeinander genieteten
der Stehrippe gleichfalls durch Winkel-
niedrigen Querträger an die Haupt-

träger wurde überdies durch dreieckige Blechtafeln bewirkt, was zur Vermehrung der Seitensteifigkeit der letzteren! nicht wenig beitrug. Zur Vermeidung seitlicher Schwankungen wurden Diagonalverbindungen aus schmiedeeisernen, bisweilen durch Schösser regulirbaren, Zugstangen in der Höhe der oberen und unteren Flanschen der Querträger a bestand entweder, wie in Hannover, aus Lang Querträger gelegt wurden, mit den Fahr schien und England, nur aus den Fahr schien, we Stühle auf den Querträgern befestigte. Auch hat unter 8,76 Mtr. (30' hann.) betragenden C direkt auf die oberen Flanschen der Längsträger f

Bei Straßenbrücken mit geringer Spannweite auf, bei solchen mit größerer Spannweite Hauptträger gelegt, welche letztere alsdann wurden. Zur Herstellung hölzerner Brückenbahnen angewandt, die auf den Längsträgern, oder Längsträgern liegen. Auch Bahnen mit Beschotter Querbalken hergestellt, in welchem Falle sie eingefaßt sind.

Die aus Stehrippe, Kopf- und Fuß-Platte genieteten doppelt T-förmigen Träger werden Schweiz bis in die neueste Zeit verwendet und sowie nach den Ansichten der Konstrukteure versch

Fig. 465 bis 469 und 470 bis 473 zeigt gestellte Durchlässe der Rheinischen Eisenbahns Fahr schien auf Langschwellen und diese mittels doppelt T-förmigen, aus je einer Stehrippe und Trägern befestigt sind, während bei dem letzter Fahr schien auf den, zwischen je zwei dopp angeordneten, Querträgern stattfindet. Die der ersteren geht aus der Seitenansicht Fig. 465 dem Horizontalschnitt Fig. 467, der Darau größerem Maßstabe dargestellten Querschnitt, Fig bemerkt wird, daß die durch z bezeichneten Zug Geleiseweite erforderlichen Querverbindungen Fig. 470, der Seitenansicht Fig. 471, dem Querschnitt Fig. 473 ergeben sich die Detailmessungen des schiefen Bahn-Durchlasses.

Aus den Fig. 474 bis 476 und 477 bis der Oesterreichischen Orientbahn dar

Querverbindungen und Seitenhaltungen derselben an den Auflagern aus Gußeisen bestehen und jene ersteren unter sich durch schmiedeeiserne, flache Diagonallängsen unverschieblich verbunden sind, während die schmiedeeisernen, doppelt-T-förmigen Hauptträger einen aus einer wagrechten Platte bestehenden Oberrahmen, sowie, abweichend von der bisher betrachteten Anordnung, einen aus zwei lotrecht gestellten Flacheisen gebildeten Unterrahmen besitzen und die Fahrseilen mittels besonderer Unterlagsplatten aufnehmen. Die Seitenansichten in Fig. 475 und 477, die Längenschnitte in Fig. 474 und 478, sowie die Querschnitte in Fig. 476 und 479 enthalten die zur Erläuterung ihrer Konstruktion und Hauptabmessungen erforderlichen Anhaltspunkte.

Fig. 474.

Fig. 475.

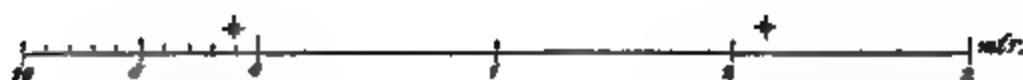


Fig. 474 bis 476 und 477 bis 479. Durchlässe der Oekerrachischen Orientbahn.

Bei Spannweiten von 3 bis 6 Mtr. wurde, mit entsprechender Abänderung der einzelnen Abmessungen, zur Herstellung von verschiedenen Viadukten auf der Hessischen Ludwigsbahn in den Jahren 1856 bis 1860 die in den Figuren 480 bis 492 dargestellte, von Gebr. Ventjeser in Pforzheim gelieferte Konstruktion angewendet. Die in Fig. 485 und 486 im Querschnitt vor der Stemmrohre und durch dieselbe dargestellte, von dem Verfasser z. B. an dem Viadukt bei Oberingelheim in der Linie

Erster Abschnitt. Die Träger der eisernen Brücken.

fig. 481.

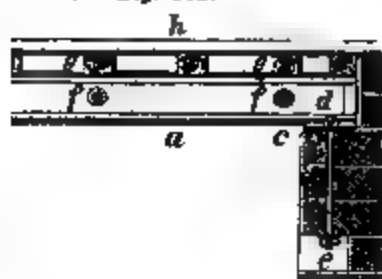


fig. 489.



fig. 490.



fig. 483.

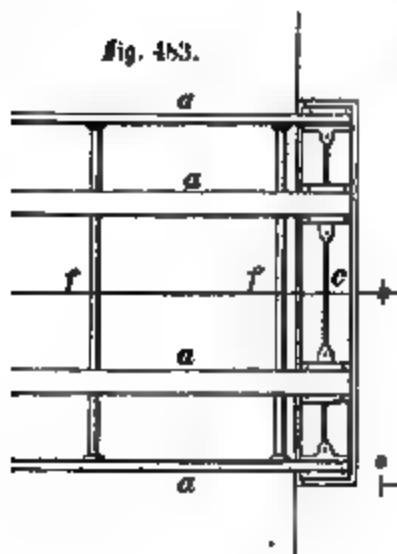
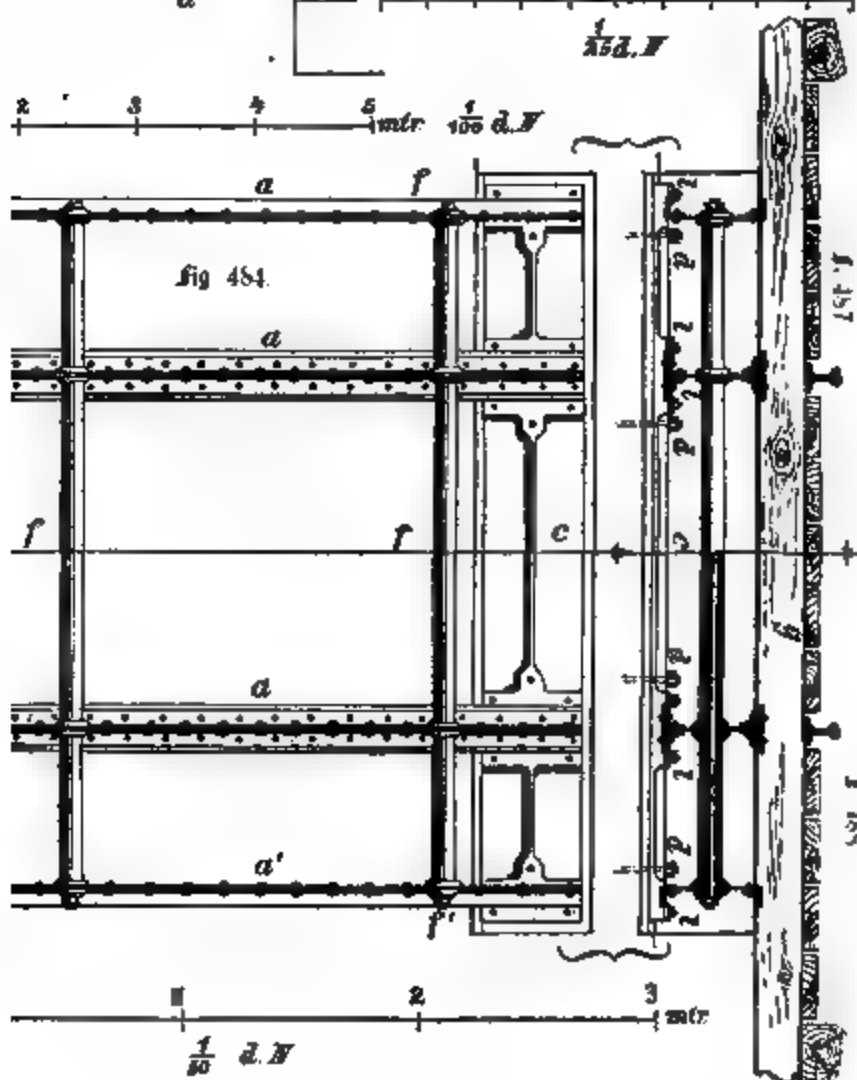
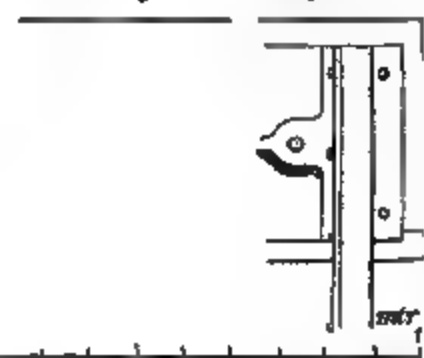


fig. 491.

fig. 492.



bro 492. Viadukte der Kaiserlichen Ludwigsbahn.

die zugehörigen Details der Querverbindungen und Auflagerungen der Haupt- und Seiten-Träger darstellt.

Die Konstruktion einer größeren chaussirten Straßenbrücke mit Doppelt-T-Trägern zeigt die in den Figuren 503 bis 507 dargestellte Brücke über die Murg in Kastatt mit drei mittleren Oeffnungen von 12,87 Mtr. Weite von Mitte zu Mitte der Strompfeiler und zwei seitlichen Oeffnungen von 11,66 Mtr. Weite von den Landpfeilern bis zur Mitte der nächsten Strompfeiler. Aus Fig. 506 ergibt sich deren Situation, während Fig. 503 einen Theil ihrer Ansicht, Fig. 504 und 505 deren Daraußsicht bzw. mit und ohne Fahrbahn, und Fig. 507 deren Querschnitt in vergrößertem Maßstabe darstellt. Nach Fig. 505 und 507 wird die 5,1 Mtr. breite Brückenbahn von 0,8 Mtr. hohen Hauptträgern zur Seite, einem solchen von 0,6 Mtr. Höhe in der Mitte und zwei Zwischenträgern von 0,28 Mtr. Höhe in der Mitte der Fahrbahnhälften unterstützt. Die in Entfernungen von 7,09 Mtr. angebrachten Querträger q sind durch Winkelleisen und dreieckige Versteifungsbleche f mit den Hauptträgern und durch Bolzen mit den Zwischenträgern, alle Längsträger a , b , c und Querträger q aber zur Herstellung seitlicher Versteifung durch die fortlaufenden Diagonalstangen d untereinander verbunden. Das auf den äußersten Hauptträgern befestigte eiserne Geländer ist behufs Erhaltung der ganzen Fahrbahnbreite durch außerhalb derselben angebrachte ornamentirte Stützen l seitlich befestigt.

Die Idee der Anwendung der Eisenbahnschienen zu Ueberbrückungen datirt etwa aus dem Jahre 1846. Um diese Zeit und behufs Herstellung dreier, möglichst flacher, die Durchflußöffnung möglichst wenig beengender Ueberbrückungen der Gerinne in der neuen Fahrstraße hinter den königlichen Mühlen am Mühlendam zu Berlin¹⁴⁵⁾, s. Fig. 508 bis 514, stellte man Versuche mit Probeträgern aus je zwei breitbasigen Schienen an, deren Basen man zuerst mit 47 Cmtr. (18" preuß.) voneinander entfernten Schraubenbolzen und dann, nachdem diese Verbindungsweise keine günstigen Resultate ergeben hatte, mit 31,5 Cmtr. (12" preuß.) abstehenden Nieten untereinander verbunden hatte. Von zwei vernieteten Probeträgern zu 0,94 Mtr. (36" preuß.) Länge waren die Schienenbasen des einen unmittelbar aufeinander, diejenigen des anderen 5,2 Cmtr. (2" preuß.) auseinander gelegt und an den Nietungsstellen 5,2 Cmtr. (2" preuß.) starke Gußplatten eingeschaltet worden. Das Endergebniß dieser Versuche war die Annahme der ersteren Konstruktion, wobei man jedoch, um die bei den Versuchen beobachtete Abscherung der Nieten zwischen den Schienenbasen zu vermeiden, 6,5 Cmtr. (4½" preuß.) lange Stahlkeile von 11,8 Cmtr. (2½" preuß.) Breite und 2 Cmtr. (¾" preuß.) Stärke zwischen je zwei Nietenpaaren zur Hälfte in jede Schienenbasis einließ und somit einen verdübelten

befestigt hat. Die Eigenthümlichkeit dieser Konstruktion besteht darin, daß die obere Schiene des Trägers zugleich die Fahrchiene bildet.

Bei Herstellung der Linie Mainz-Bingen in der Hessischen Ludwigsbahn während der Jahre 1856 bis 1860 wurden die kleinsten Durchlässe von $\frac{1}{2}$ Mtr. Spannweite, s. die Fig. 527 bis 530, oben offen gelassen und mit den Fahrchiene *d* so überbrückt, daß diese mittels Kloben auf besondere, in die Deckquader *a* eingelassene und durch die Niegel *c* verspreizte Querschwellen *b* befestigt wurden, während unmittelbar hinter den Deckquadern weitere Querschwellen in das Kiesbett verlegt wurden.

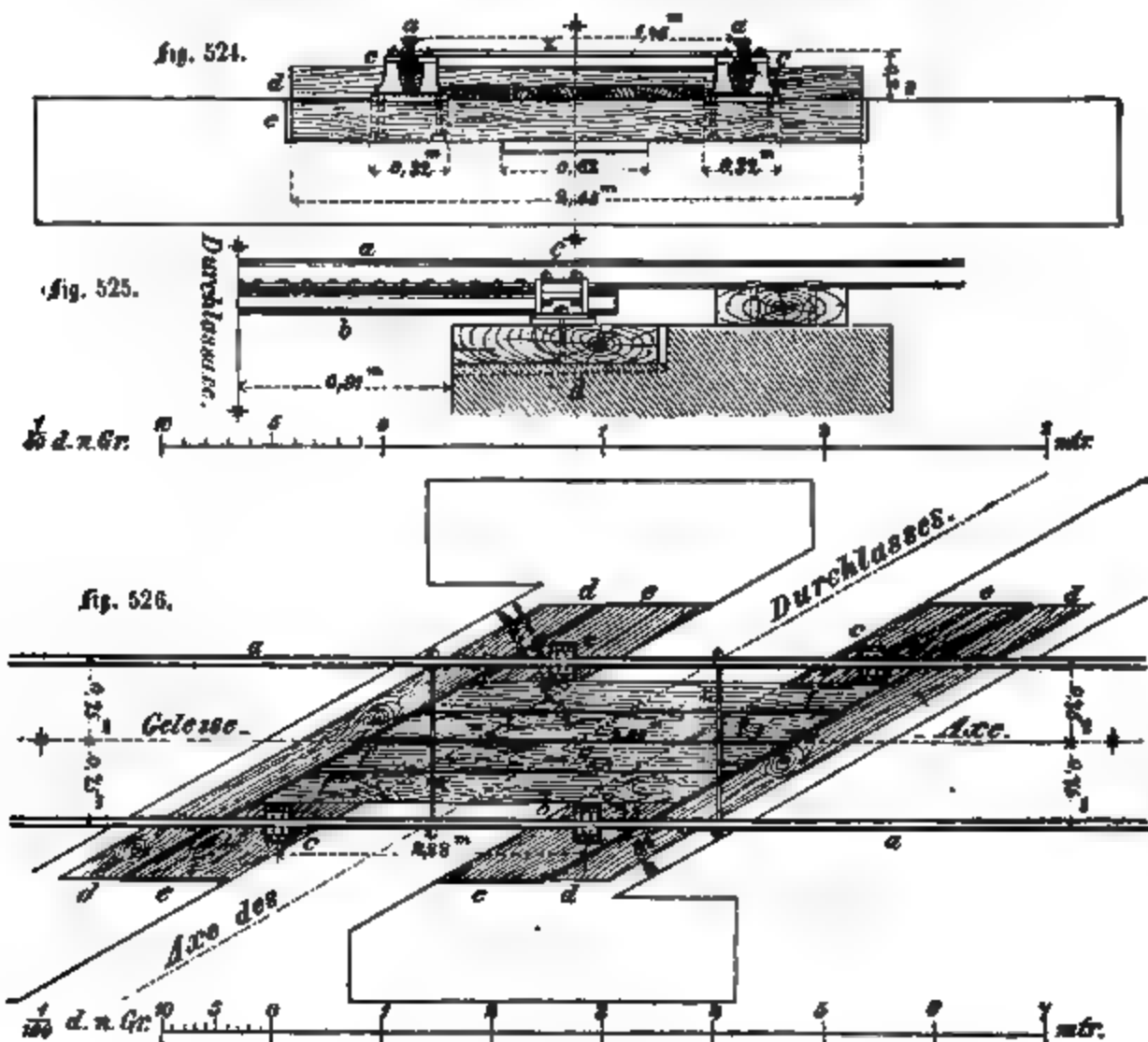


Fig. 524 bis 526. Durchlaß in der Linie Lüneburg-Village der Lombardisch-Venetianischen Eisenbahn.

Zu den Hauptträgern von Durchlässen mit Spannweiten von 1 bis zu 2 Mtr. wurden in derselben Linie auch zwei nebeneinander liegende, in gußeiserne Stähle festgeboltzte, Schienen verwendet, wie dies der in den Figuren 531 bis 539 in Ansicht und Längenschnitt, Querschnitt, Draufsicht mit und ohne Fahrbahn, sowie in den Details dargestellte, von dem Verfasser im Jahre 1858 unweit Niederingelheim ausgeführte Durchlaß von 2 Mtr.

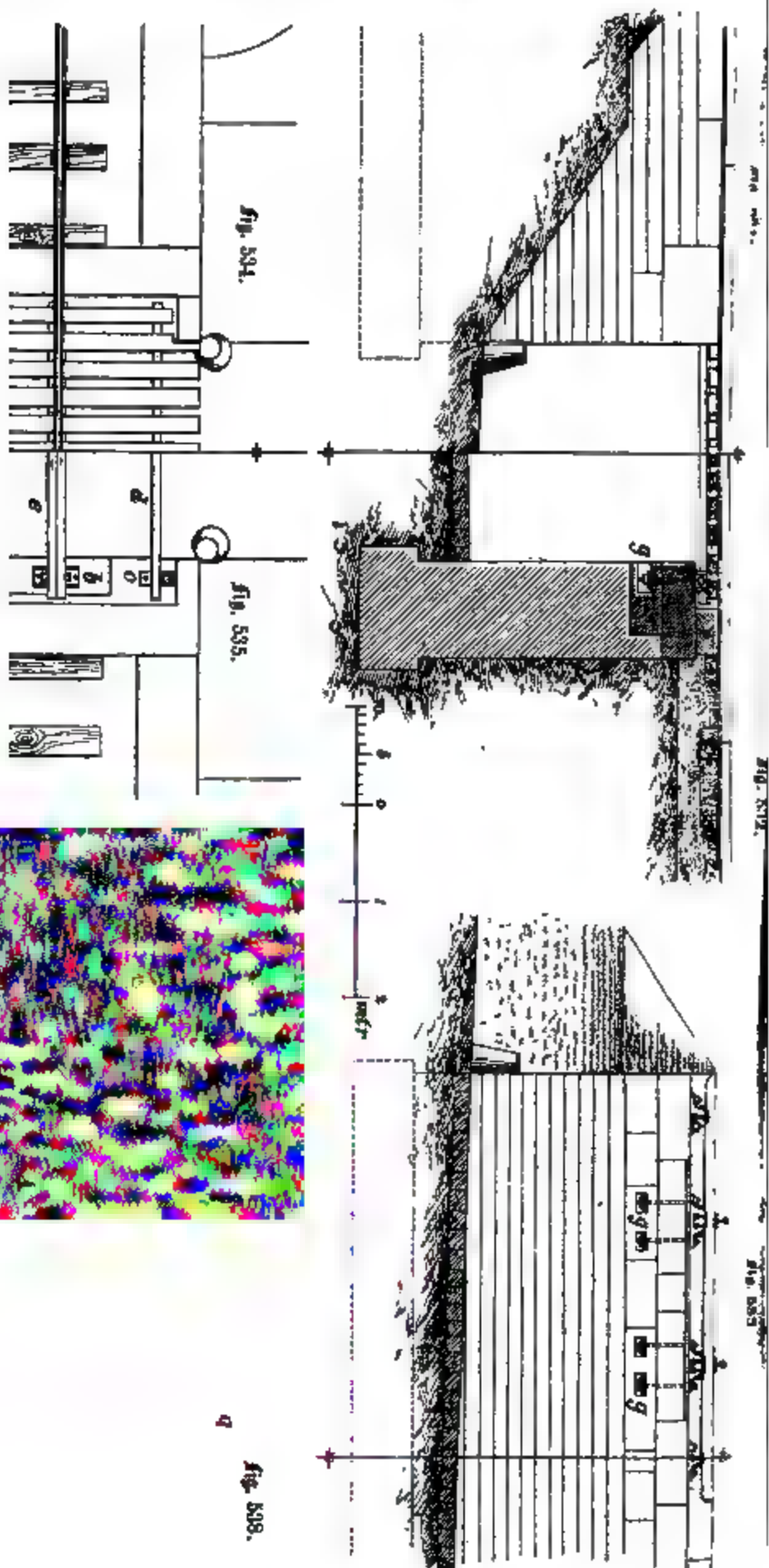


Fig. 540 und 541, mit einer nach beiden Enden zugespitzten, mittels Winkel-
eisen an jene Schienen angenieteten Vertikalplatte ausgefüllt und durch einen,
in deren Mitte angebrachten, doppelt T-förmigen Balken eine Querverbin-
dung f der beiden Träger hergestellt. Die Befestigung der e
die in Fig. 540 und 542 dargestellten Schienenstühle c an
dieser letzteren mit den Querschwellen d durch die Bolzen
Abbildungen zur Genüge hervor.

Obwol die Schienenträger bis in die neueste Zeit An-
sehnlichkeit fanden, theils wegen ihrer ziemlich empfindlichen u.
Montirung, theils wegen des hinsichtlich ihrer relativen Ge-
theilhaft ausgenutzten Querprofils, mehr und mehr von den
gewalzten Doppelt-T-trägern mit den entsprechenden Abmess-
ungen werden.

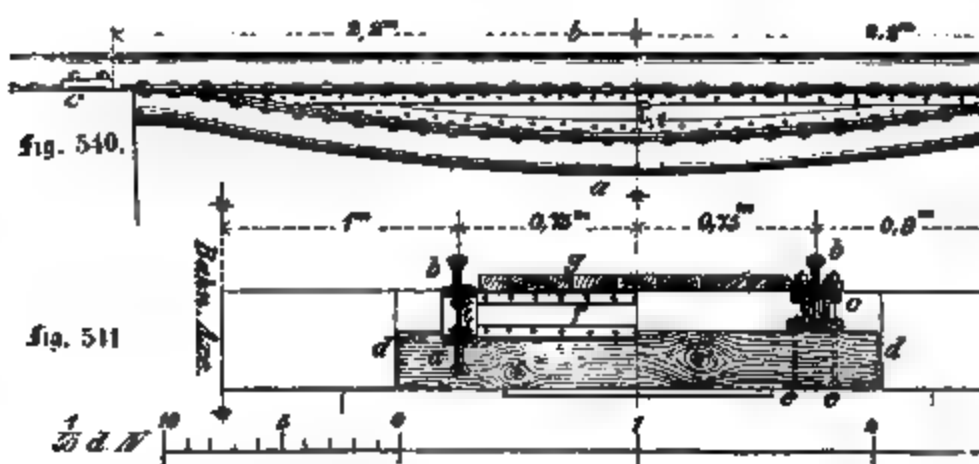


fig. 540 bis 542. Fischbaubrücke aus breitbaigen Schienen.

Nachdem die in den Vereinigten Staaten von Nordame-
rica Gitterbrücken nach England und Holland übertragen worden
dieselben auch in Deutschland und zwar zunächst und in
preussischen Bahnen Eingang. Insbesondere wurden die
Ruhr in der Cöln-Mindener und in der Bergisch-M.
nach dem Vorbild einer Eisenbahnbrücke zwischen Haarlem
erbaut. Jedoch wurde das Holz, welches noch als Kon-
struktionsmaterial über die Ruhr bei Altstaden in der Cöln-
bahn mit fünf Öffnungen zu 31,38 Mtr. (100' rhen.) be-
hielt und obwol sich die hölzernen Träger dieser Brücke da-
durch in Fähigkeit und Steifigkeit ausgezeichnet hatten, bald als ein
Material durch Eisen zu ersetzen versucht.

Für die Herstellung und Ausbildung eiserner Gitterbrück-
en wurden die Versuche von Bedeutung, welche Heng bei Erbau-
ng in der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn über die Neiß-

Jahre 1846 anstellte, indem deren günstiges Ergebniß dem System der eisernen dehnte Anwendung bei preussischen und anderen deutschen der schiefen Brücke über die Havel bei Potsdam mit 12,55 Mtr. (40' preuß.), auf der Berlin-Potsdam-Magde- den Elbbrücken zu Magdeburg mit Spannungen bis $\frac{1}{3}$ ' preuß.), auf der Magdeburg-Leipziger Bahn mit Span- Mtr. (47' preuß.), auf der Berlin-Hamburger Bahn, in dem r Brücke über die Ruhr bei Altfaden mit 31,38 Mtr. anweite, auf der Köln-Mindener Bahn, bei der Oder- ingen bis zu 24,48 Mtr. (78' preuß.) Spannweite und Brücken auf der Kreuz-Rüstrin-Magdeburger Bahn und die Rüdow bei Schneidemühl mit Spannungen von reuß.) und anderen Brücken auf der preussischen Ost-Bahn, ten Bahnen etc. verschaffte.

Fig. 543.

Fig. 544.

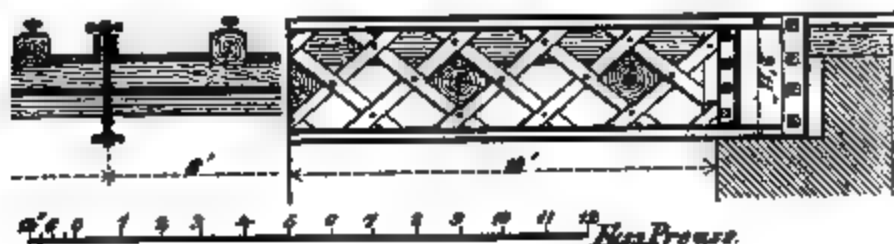


Fig. 543 und 544. Brücke über die Neiße bei Guben.

Deutschland und zwar bei der Brücke über die Neiße bei j. 543 und 544, für 10,04 Mtr. (32' preuß.) weite Oeff- ten, schmiedeeisernen Gitterwerke bestehen aus gefloch- Kreuzungsstelle vernieteten, schmiedeeisernen Latten, welche : einer Gurtung von umgelegten, breitbasigen, mit den Füßen teten Fahrschienen umfaßt sind. Die Querverbindung besteht latten, während die Querschwellen durch die Maschen der mittels Winkleisen und Bolzen daran befestigt sind. rbeschriebenen Trägern, deren Anordnung einfach und iter vielfach Nachahmung fand, wurden bei eingleisigen zweigleisigen Bahnen fünf in gleichen Entfernungen ver- : das in Bezug auf die Steifigkeit der Tragwände unvortheil- : Stäbe aufgegeben und die zu den Gurtungen verwen- ahrschienen durch gewalzte, mittels Winkleisen an genietete Platten, s. Fig. 545 bis 547, sowie die guß- durch solche aus Blech oder Gitterwerk ersetzt, ind Knie-Stücke zu deren Versteifung oft mit dreieckigen te. Die obere, auf Druck in Anspruch genommene Gurtung

wurde nicht selten aus dem, mit der größeren Druckfestigkeit begabten Gußeisen gebildet. Statt der unmittelbaren Vernietung der Gitterstäbe mit den wagerechten Gurtungsplatten durch Winkleisen fügte man später infolge der Versuche, bei welchen sich die Gitterstäbe aus jener Vernietung mit den oberen Winkleisen lösten, der wagerechten Gurtungsplatte zur Verstärkung dieser Stelle eine lotrechte Platte hinzu, welche man mit der wagerechten durch Winkleisen verband, und gegen welche erstere man nun die Gitterstäbe nietete. Zur Verhütung seitlicher Ausbiegung der Gitterwände wurden dieselben später mittels vertikaler, gewöhnlich doppelter, zu einem T zusammengefügter Winkleisen verstärkt, welche man, der von der Mitte nach den Enden hin zunehmenden Spannung im Gitterwerk entsprechend, an den Widerlagern vermehrte und verstärkte. Zur Sicherung der Brückenbahnen gegen seitliche Verschiebung wurden zwischen oder auch unter den Querträgern Diagonalversteifungen aus Rund- oder Flach-Eisen angebracht. Zum Schutz der eisernen Konstruktionstheile gegen Rost wurden dieselben mit einem mehrfachen Delanstrich zuweilen auf einer Grundirung von Mennige versehen.

Fig. 547.

Fig. 546.

Fig. 545.

Fig. 545 bis 547. Ältere Gitterbrücke auf preussischen Eisenbahnen.

Bei hinreichender lichter Höhe der Bauwerke, z. B. bei mehreren Brücken der Magdeburg-Wittenberger und der Westfälischen Eisenbahn, wurden unter Beibehaltung der oben angegebenen Zahl und Vertheilung der Träger die Querschwellen des Oberbaues auf die oberen Gurtungen gelegt und befestigt, am häufigsten jedoch und um möglichst an lichter Höhe zu sparen, wurden bei Brücken größerer Spannweiten seitlich je zwei gleiche Gitterträger pro Geleise, dagegen, wegen der ungleichartigen Inanspruchnahme eines Mittelträgers für zwei Geleise, selten deren drei für zwei Geleise verwendet.

Die oben erwähnte Brücke im zweiten Geleise der Köln-Mindener Bahn über die Ruhr bei Alsfelden¹⁴⁸⁾, s. Fig. 548 bis 550, besitzt schon ungeflochtene, aber gleich starke, flache Gitterstäbe, durchweg gleich starke Rahmen aus wagerechten Platten, wovon diejenigen des Oberrahmens noch aus Gußeisen bestehen, und durchlaufende Winkleisen, mittels deren die Gitterstäbe an jene Platten genietet sind. Die 4,39 Mtr. (14' preuß.) langen,

Drittes Kapitel. Die Schmiedeisernen Brüd

Waren für die Anordnung der Gitterbrücken durch vorgenannte ausgeführte Beispiele schätzenswerthe Anhaltspunkte gewonnen, so wurde die genaue Bestimmung der einzelnen Stärken der Gurtungen und Gitterstäbe doch erst durch die theoretischen Untersuchungen ermöglicht, welche zuerst im Jahre 1851 gleichzeitig von W. Schwebler¹⁵¹⁾ und R. Culmann¹⁵²⁾ veröffentlicht wurden. Erst von dieser Zeit an, worin Theorie und Praxis Hand in Hand zu gehen anfangen, begann die Ausführung rationaler Gitterkonstruktionen, unter welchen als die bedeutendsten diejenige der, in den Jahren 1850 bis 1857 erbauten, Brücke über die Weichsel bei Dirschau mit sechs Oeffnungen von 121,13 Mtr. (386' preuß.) im Lichten und der zur selben Zeit ausgeführten Brücke über die Mogat bei Marienburg mit zwei Oeffnungen von 97,9 Mtr. (312' preuß.), beide in der Linie der preussischen Ostbahn, voranstehen.

Die Brücke über die Weichsel bei Dirschau¹⁵³⁾, s. Fig. 559 bis 563, die weitestgespannte und längste aller Gitterbrücken, besitzt eine dreitheilige Ueberbaukonstruktion, wovon jeder Theil einen über zwei Oeffnungen und einen Strompfeiler hinweggehenden kontinuierlichen Träger bildet. Zwischen den 11,83 Mtr. ($37\frac{2}{3}$ ' preuß.) hohen und 6,28 Mtr. (20' preuß.) voneinander entfernten Gitterwänden liegt in der Mitte ein Eisenbahngleise und zu jeder Seite desselben ein Weg für Landfuhrwerk, außerhalb der Wände ein vorgefragter Fußweg von je 1,1 Mtr. ($3\frac{1}{2}$ ' preuß.) Breite. Der statischen Berechnung zufolge sind die Abmessungen, sowol der Rahmen als der Gitterstäbe, nach der Länge der Brücke verschieden, mit nahezu gleichem Widerstand, angeordnet worden. Jeder Rahmen hat außer der Horizontalplatte in deren Mitte ein vertikales Blech, woran sich zu beiden Seiten offene Zellen anschließen, welche letztere bei dem Unterrahmen über dem Mittelpfeiler um zwei vermehrt sind. Die Gitterwände sind sowol innen als außen durch vertikale Winkleisen mit 1,88 Mtr. (6' preuß.) Abstand über den Oeffnungen, mit 0,94 Mtr. (3' preuß.) Abstand über den Auflagern versteift, unten durch 1,88 Mtr. (6' preuß.) von einander entfernte, 1,25 Mtr. (4' preuß.) hohe Querträger von Gitterwerk, welche die Brückenbahn aufnehmen, oben durch vertikale gitterartige Querversteifungen mit 5,65 Mtr. (18' preuß.) über den Oeffnungen, mit 1,88 bis 3,76 Mtr. (6' bis 12' preuß.) über den Pfeilern untereinander verbunden und mit drei wagrechten Windverstreibungen in der Höhe der Brücken-Unterfante, sowie der Ober- und Unterfante des Oerrahmens versehen. Die einzelnen Träger ruhen auf gußeisernen Unterlagsplatten und sind über der Mitte ihres Mittelpfeilers befestigt, während ihre Enden zur ungehinderten Längenveränderung bei Temperaturwechsel auf Rollen laufen.

aus Eisenblech, sowie von zwei 66 Cmt. (22" bad) hohen Seitenträgern aus Gitterwerk getragen, welche wieder durch drei eiserne L f. Fig. 566 und 567, der Fahrbahn miteinander verbunden der mittlere b gußeiserne, in Fig. 575 zur Hälfte dargestellte Lage für die Enden der Streckbäume d besitzt, welche letztere belag mit Beschotterung aufnehmen. Die schmiedeisernen die Bankette tragen und deren Anordnung sich aus der in Fig. 568 bis 570 gegebenen Ansicht und dem in Fig. 571 dargestellten Querschnitt nach a b ergibt, sind mit den Gitterträgern und den Stirnträgern i, Fig. 570, durch Winkleisen vernietet. Die Befestigung des hölzernen Brückengesimses an den Stirnträgern, f. Fig. 574, die Auflagerung der Gitterträger, f. Fig. 572 und 573, sowie alle übrigen Anordnungen, zeigen die mitgetheilten Figuren.

Auf die beiden vorbeschriebenen großen Brücken der preussischen Ostbahn folgte die in den Jahren 1856 bis 1860 erbaute Gitterbrücke über den Rhein bei Köln mit vier Oeffnungen von 98,22 Mtr. (313' preuß.) Spannweite, sowie die in den Jahren 1858 bis 1860 errichtete Brücke über den Rhein zwischen Straßburg und Kehl mit drei gleichen Oeffnungen von je 56 Mtr. Spannweite, an welche sich an beiden Ufern je 26 nungen mit Drehbrücken anschließen.

Der Ueberbau der Brücke über den Rhein bei Köln bis 579, geht zusammenhängend über je zwei Oeffnungen aus zwei nebeneinander liegenden Brücken, einer zweigelt

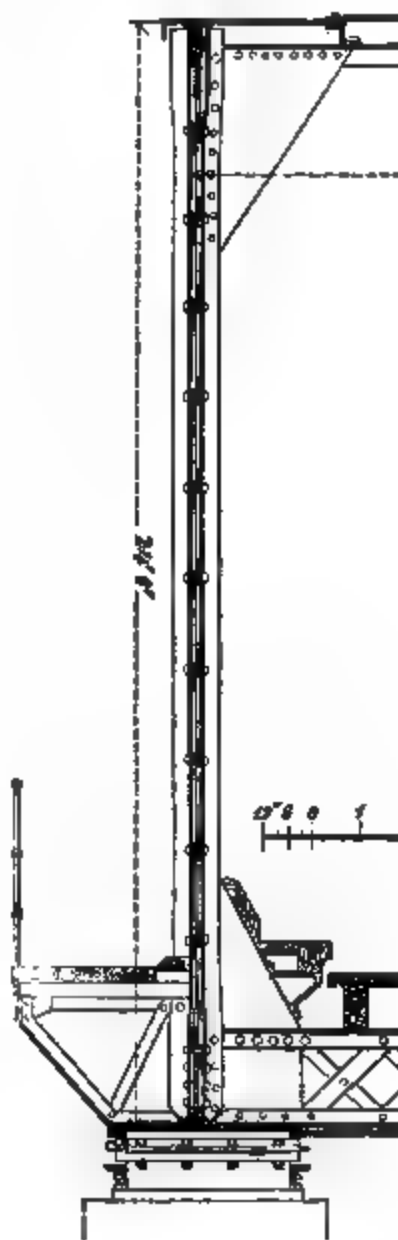


Fig. 565. Querschnitt der Brücke über 1

24' preuß.) breiten Eisenbahnbrücke mit doppelten, 8,52 Mtr. (27' 2" preuß.) hohen Tragwänden und einer 8,47 Mtr. (27' preuß.) breiten Straßenbrücke mit ebenso hohen, aber einfachen Tragwänden. Die Gurtungen beider Brücken haben einfache T-Form und einen, den verschiedenen Anspruchnahmen entsprechenden ab- und zunehmenden Querschnitt, während ihre Gitterstäbe von der Mitte nach den Auflagern hin von 9,1 Cmt. (3 1/2" preuß.) Breite bei 1,3 Cmt. (1 1/2" preuß.) Stärke bis zu 13 Cmt. (5" preuß.) Breite bei 3,25 Cmt. (1 1/4" preuß.) Stärke an der Straßenbrücke und bei 2,9 Cmt. (1 1/8" preuß.) Stärke an der Eisenbahnbrücke zunehmen. Die Vertikalversteifungen der Gitter sind 1,57 Mtr. (5' preuß.) über den Öffnungen, 0,78 Mtr. (2 1/2' preuß.) an den Auflagern voneinander entfernt und bestehen bei der Straßenbrücke aus Winkeleisen mit damit vernieteten Blechplatten, bei der Eisenbahnbrücke aus Gitterwerk mit 7,15 Cmt. (2 3/4" preuß.) breiten, 0,95 Cmt. (3/8" preuß.) starken Stäben zwischen den doppelten Gitterwänden.

fig. 576.

fig. 577.

fig. 578.

fig. 579.

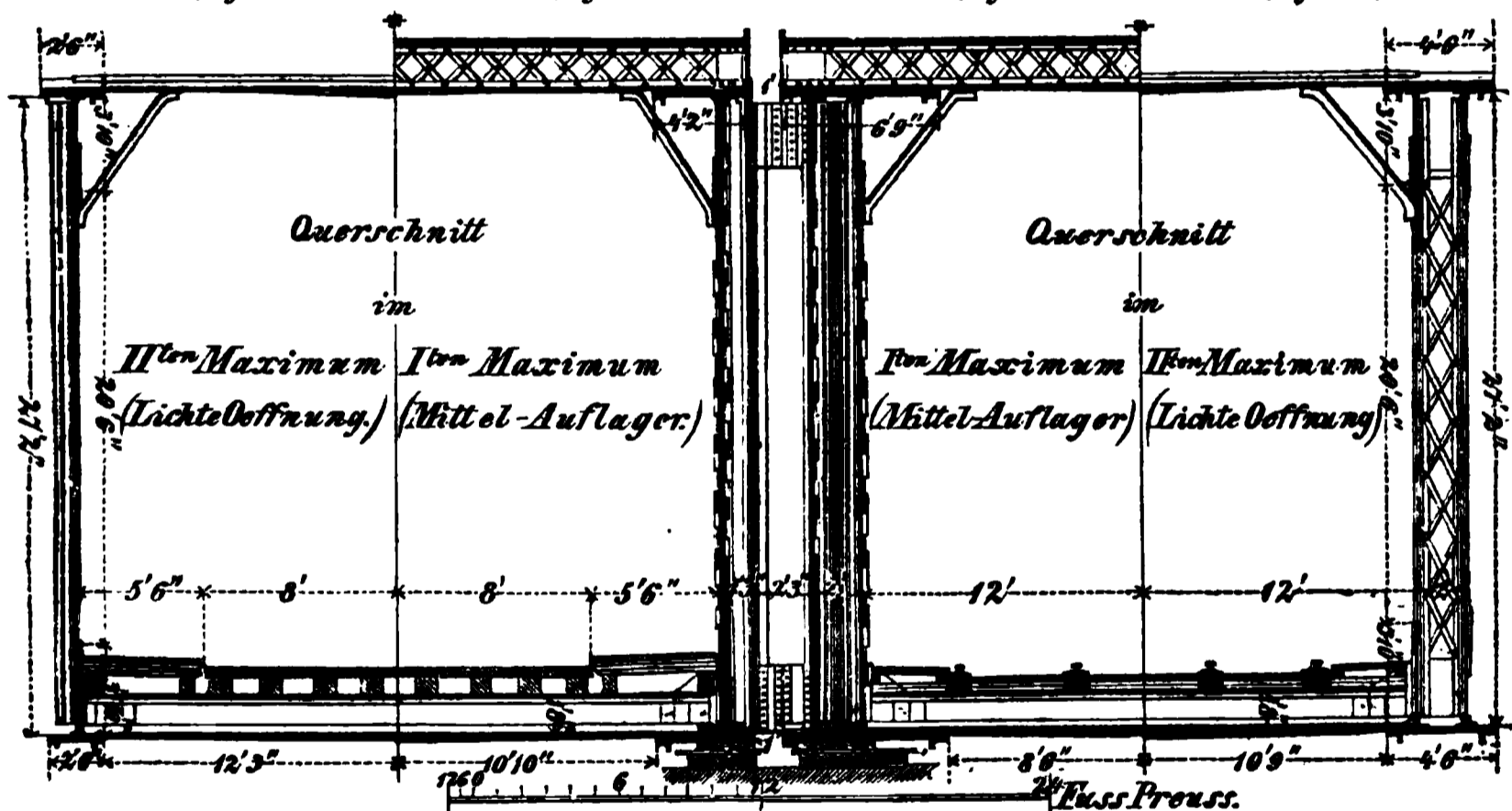


fig. 576 bis 579. Querschnitte der stehenden Brücke über den Rhein bei Köln.

Die Querträger, in Entfernungen von 3,14 Mtr. (10' preuß.) bei der Straßenbrücke und von 1,57 Mtr. (5' preuß.) bei der Eisenbahnbrücke angeordnet, bestehen aus 52,25 Cmt. (20" preuß.) hohen, bzw. 0,95 Cmt. (3/8" preuß.) und 1,3 Cmt. (1 1/2" preuß.) starken Blechträgern mit bzw. 21 Cmt. (8" preuß.) und 26,12 Cmt. (10" preuß.) breiten Gurtungsplatten. Die Windversteifung ist durch über und unter den Trägern angebrachtes Gitterwerk bewirkt. Die Fahrbahn der Straßenbrücke besteht aus sieben Längsbalken, worauf ein doppelter Bohlenbelag liegt, diejenige der Eisenbahnbrücke aus 24,75 Cmt. (9 1/2" preuß.) hohen, 31,50 Cmt. (12" preuß.) breiten Langschwellen mit den Fahrscienen.

Die in Fig. 580 bis 585 dargestellte Brücke über den R^hehl und Straßburg¹⁵⁶⁾ besitzt drei Gitterwände, zwische Geleise liegen, während außerhalb der Wände zwei 1,5 Mtr. vorgefragt sind. Die Gitterträger laufen über die drei mit Öffnungen kontinuierlich fort und sind an ihren Enden, also über zunächst liegenden Strompfeilern, welche zugleich den beiden T^h Auflage dienen, durch gußeiserne gothische Portale abgeschlossen. Der Gitterträger bestehen außer den Horizontalplatten aus je zwei, eisen mit jenen vernieteten Vertikalblechen, zwischen welche 1 eingemietet sind. Die Gitterwände sind durch je zwei äußere und ständen von 3 Mtr. (10' bad.) über den Öffnungen und 1 (4' bad.) über den Pfeilern angebrachte, vertikale Winkelseisen verfle unteren Gurtungen ruhenden Querträger und Konsolen, welche bestehen, sowie die auf den oberen Gurtungen ruhenden Querver Winkelseisen sind durch dreieckige Bleche, letztere überdies durch Bü eisen mit den Vertikalversteifungen verbunden. Ueber den Oberrail in Fig. 584 und 585 im Detail dargestellte, Windversteifung an Die Fahrbahn besteht aus den Schienensträngen und einem Bohlr direkt auf den Querträgern liegen. Die Bankette bestehen aus über den Konsolen liegen, und sind nach außen durch leichte, schr länder begrenzt. An den Stellen, wo eine Längenveränder Temperaturwechsel eintritt, liegen die Brückenträger auf H diese auf durchbrochenen, gußeisernen, mit den Pfeilern veranker

Zahlreiche Gitterbrücken entstanden um diese Zeit außer auch in der Schweiz, unter welchen die von Egel in den Ja 1856 erbaute leingeleisige Brücke über die Sitter bei St. f. Fig. 586 bis 589, auf der St. Gallischen Eisenbahn, mit Öffnungen von 38,40 Mtr. (128' schw.), und zwei äußeren L 36,24 Mtr. (120,8' schw.) Spannweite auf einer 47,19 Mtr. hohen gußeisernen Pfeilerkonstruktion; die von demselben E^l Jahren 1856 bis 1859 in der Linie Bern-Olten hergestellt die Aar bei Bern¹⁵⁷⁾, f. Fig. 590 bis 595, mit einer Mit 57,20 Mtr. (190,66' schw.) und zwei Seitenöffnungen von 50' schw.) Spannweite auf 37,2 Mtr. (124' schw.) über Mittelwasser gemauerten Pfeilern und der in der Eisenbahn von Lausanne ü nach der Berner Grenze während der Jahre 1857 bis 1861 geleisige Viadukt über die Saane bei Freiburg¹⁵⁸⁾, f. Fig. mit fünf mittleren Öffnungen von 48,8 Mtr. und zwei äußer von 44,92 Mtr. Spannweite auf 43,23 Mtr. hohen gußeis mit schmiedeeisernen Verstreifungen und steinernen Sockeln hervor

mit, durch rundeiserne Diagonalverstreben unter sich versteiften, Querträgern aus Eisenblech verbunden, welche wieder in den je zwei Winkeln, die sie mit den Gitterwänden einschließen, durch dreieckige Winkelbleche und knieförmige, darüber genietete Winkelleisen mit jenen Wänden unverschieblich vereinigt sind.

Fig. 590

Fig. 590 bis 595. Brücke über die Aar bei Bern

Zur Unterstüßung der Eisenbahn-Querschwellen dienen zwei, direkt unter den Schienensträngen mit den oberen Querträgern verbundene, doppelt T-förmige Längsträger aus Eisenblech, während die Querböhlen des Fahrweges von sieben unmittelbar auf den unteren Querträgern ruhenden Längschwellen getragen werden. Zur Unterstüßung der Gitterträger über den

Mittelpfeilern sind an jeder Seite der letzteren zwei gußeiserne Konsolen angebracht worden, worauf sie mit ihren unteren Gurtungen ruhen.

Der Saaneviadukt besitzt, wie theilweise aus Fig. 596 hervorgeht, vier über sämtliche Oeffnungen fortlaufende Gitterträger, über welchen die Eisenblechquerträger des doppelten Fahrgeleises mit seinen auf Längsschwellen liegenden Fahrschienen sowie die Längsbohlen der Fußbahnen ruhen und deren mittlere direkt unter den inneren Fahrschienen, deren äußere etwas außerhalb der äußeren Fahrschienen angebracht sind. Die Gurtungen sind nach Fig. 588 und 599 aus Horizontal- und Vertikal-Platten mittels Winkleisen in Doppelt-T-Form zusammengesetzt und die, wie Fig. 600 zeigt, mit U-förmigem Querschnitt versehenen gedrückten, sowie die mit rechteckigem Querschnitt versehenen gezogenen Gitterstäbe oben und unten gegen jene Vertikalplatten genietet. Nach der Breite der Brücke sind die einzelnen Tragwände durch, in zwei Etagen angeordnete, Diagonalversteifungen aus Stäben mit U-förmigem Querschnitt verbunden und so gegen Seitenschwankungen geschützt; nur in dem Mittelfelde der unteren Etage ist ein mit Längsbohlen belegter Fußweg, s. Fig. 598 und 599, zur Besichtigung und Instandhaltung der Brücke angebracht und deshalb hier das Versteifungskreuz durchweg fortgelassen.

Die geringe Seitensteifigkeit, welche die flachen Gitterstäbe zeigten, veranlaßten bei den von v. Kuppert erbauten, im Jahre 1858 vollendeten Brücken über die Eipel mit drei lichten Oeffnungen von 44,24 Mtr. (140' österr.) an den Ufern und von 56,88 Mtr. (180' österr.) in der Mitte, s. Fig. 605 bis 616, und Gran in Ober-Ungarn¹⁵⁹⁾ auf der südöstlichen Staatsbahn, mit drei lichten Oeffnungen von 43,23 Mtr. (136,8' österr.) an den Ufern und von 50,56 Mtr. (160' österr.) in der Mitte, die Hineglassung der bisher üblichen vertikalen Absteifungen zwischen den Rahmen, und die Anwendung halbcylindrischer Stäbe, s. Fig. 614 bis 616, zu den Gitterwänden, für welche, zum Behufe einer größeren Materialersparniß, zugleich eine größere Maschenweite zu Grunde gelegt wurde. Die Rahmen wurden kreuzförmig, aus wagrechten und senkrechten, mittels Winkleisen verbundenen Platten, gebildet und die Gitterstäbe gegen je eine vertikale Platte genietet. Zur Vermeidung einer Verschiebung der Maschen wurden die Gitterstäbe an ihren Kreuzungspunkten mittels einer Zwischenplatte und je vier Nieten untereinander befestigt. Diese Kreuzungsnieten, welche einer Abscherung vorzugsweise zu widerstehen haben, wurden sorgfältig auf die genaue Dicke des Nietloches abgedreht und kalt vernietet, damit sie jenes vollkommen ausfüllen; im Uebrigen wurde die übliche warme Nietung beibehalten. Die Träger beider Brücken sind kontinuierlich und bestehen aus je zwei Tragwänden für je zwei Geleise und je zwei außerhalb liegenden Banketten. Steinernen Pylonen auf den Widerlagern und gußeiserne Absteifungen auf den Strompfeilern gewähren der Konstruktion den nöthigen

seitlichen Halt. Die Querträger, sowie die Konsolen der Bankette, bestehen aus Eisenblech, welche durch Winkelleisen mit den Gitterwänden verbunden sind. Der Oberbau besteht, wie Fig. 611 in der Ansicht, Fig. 612 im Querschnitt am Auflager und Fig. 613 im Querschnitt in der Mitte darstellt, aus je zweien, in gußeisernen mit den Querträgern vernieteten Stühlen befestigten, mit der Basis in Fischbauchform gegeneinander genieteten breitbasigen Schienen. Alle übrigen Theile der Fahrbahn, sowie die Bankette, sind aus Langschwellen mit darüber liegenden Querböhlen hergestellt. Die Oberrahmen sind nach der Quere durch eine Art Sprengwerke aus breitbasigen Schienen untereinander verbunden, die Windversteifungen aus einem Netzwerk von Flachschielen hergestellt, welche auf den Ober- und Unterrahmen liegen.

Fig. 609.

Fig. 610.

Fig. 611. Fig. 612. Fig. 613.

Fig. 609 bis 616 Querschnitt und Details der Brücke über die Eipel in Ober-Ungarn

Die Eipel- und Gran-Brücke bilden den Uebergang der Gitterbrücken mit engen Maschen und flachen Stäben zu den Gitterbrücken mit weiten Maschen und steif profilirten Stäben, welchen man sich in der zweiten Hälfte der 50er Jahre zuwandte. Die Verbiegungen, welchen die unter sich vernieteten Stäbe der Gitterbrücke ausgesetzt sind, sowie die Unmöglichkeit, die in den Gitterwänden eintretenden Zug-, Druck-, Biegungs- und Schubspannungen theoretisch scharf zu verfolgen, lenkten ferner auf Einführung der Fachwerkträger mit weiten Maschen und steifen, unter sich wenig oder nicht verbundenen Stäben; Konstruktionen, welche, wie bei der im Jahre 1857 in der Niederschlesisch-Märkischen Bahn ausgeführten Fladenseebrücke

aus kreuzförmigen Gurtungen, welche im Abstände der Querträger von gleichfalls 2,82 Mtr. (9' preuß.) durch vertikale Winkelleisen, sowie durch jene, unter Winkeln von 45° geneigte, kreuzförmige Streben und flache Zugbänder und an den Enden durch breite, vertikale Blechstreifen, untereinander verbunden sind. Die im Querschnitt doppelt T-förmigen Querträger aus Eisenblech ruhen auf den unteren Rahmen und sind auf den entsprechenden vertikalen Winkelleisen durch, mittels weiterer Winkelleisen versteifte, dreieckige Bleche verbunden. Die horizontale Kreuzverbindung der Tragwände und Querträger ist unterhalb der letzteren angebracht und besteht aus 7,8 Cmtr. (3" preuß.) breiten, 1,3 Cmtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) starken Flachschieben, welche mit, an dem unteren Rahmen der Tragwände angenieteten, Lappen am einen Ende durch Laschen und Bolzen, am anderen durch eine Keilstellung zum Anspannen und an ihren Kreuzungspunkten mit den Querträgern durch je einen Schraubenbolzen verbunden sind. Die unmittelbar auf die Querträger mittels durchlaufender Winkelleisen angenieteten Längsträger der Fahrschienen sind kastenförmige, unten ganz, oben theilweise offene Blechbalken von 21 Cmtr. (8" preuß.) Höhe und 21 Cmtr. (8" preuß.) Weite im Lichten. Quer über denselben liegen in den geeigneten Abständen die Unterlagsplatten der Fahrschienen, welche mit den Befestigungslaschen derselben zugleich an die Längsträger angebolzt sind. In den Zwischenräumen der Fahrbahn sind über die Querträger Längsschwellen und über diese Querböhlen gelegt. Die Endauflager der Tragwände ruhen an dem einen Brückenpfeiler auf festen, gußeisernen Platten, an dem anderen auf drei, in einem Rahmen befindlichen, gußeisernen Rollen, welche auf festen, gußeisernen Platten laufen. Bei der Ausführung wurden alle vorhandenen Fugen gut verstemmt, die Nietungen warm ausgeführt, ferner alle Eisentheile zweimal mit rother Mennigfarbe und hierauf mit Bronzefarbe angestrichen. Die größten Anspruchnahmen des Eisens betragen in den Rahmen 527,71 Kgr. per □ Cmtr. (7220 Pfd. per □" preuß.), in den Streben 431,23 Kgr. per □ Cmtr. (5900 Pfd. per □" preuß.), in den Zugbändern 584,72 Kgr. per □ Cmtr. (8000 Pfd. per □" preuß.), in den Querträgern 559,14 Kgr. per □ Cmtr. (7650 Pfd. per □" preuß.), in den Längsträgern ca. 292,36 Kgr. per □ Cmtr. (4000 Pfd. per □" preuß.); Werthe, worin auf die geringere Widerstandsfähigkeit des Eisens gegen Druck und Knicken, sowie auf die größere Anstrengung der, den Stößen der Fahrbetriebsmittel unmittelbar ausgesetzten, Fahrbahntheile die gebührende Rücksicht genommen ist.

Die Eisenbahnbrücke über die Mosel bei Koblenz, siehe Fig. 625 bis 639, führt zwei Geleise über vier, mit Eisenkonstruktionen überbrückte Stromöffnungen von je 41,42 Mtr. (132' preuß.) und über sechs mit Ziegeln überwölbte Flutöffnungen von je 15,69 Mtr. (50' preuß.) Lichtweite.

Jede Eisenkonstruktion überspannt zwei Oeffnungen und hat zwei einfache, 8,24 Mtr. (26' 3" preuß.) von einander entfernte Tragwände, welche durch doppelt T-förmige Querträger aus Eisenblech und ein horizontales Gitterwerk miteinander verbunden sind.

Die Querträger, welche zu ihrer Versteifung noch einen Längsverband aus Vertikalgittern erhalten haben, tragen direkt die in mittlerer Höhe liegenden Kiefern, mit Kupfervitriol imprägnirten Langschwellen, sowie die Fahrschienen mit dazwischen, auf niedrigeren Langschwellen, eingeschaltetem Belag von Querböhlen. Die Tragwände haben T-förmige, aus Platten und Winkelisen zusammenge setzte Gurtungen und ein zweifaches Gittersystem von T-förmigen, unter Winkeln von 45° geneigten Gitterstäben und vertikalen Flachschienen, an welche sich die Querträger anschließen und mit denselben durch oben und unten angebrachte, dreieckige Versteifungsbleche verbunden sind. Die Gitterstäbe sind von den Oeffnungen nach den Auflagern hin in vier zunehmenden Stärken zur Anwendung gekommen, deren Profile sämtlich 13 Cntr. (5" preuß.) breite Füße haben, sich nur durch die Dicke der Füße von einander unterscheiden und deshalb je zwei derselben zwischen einem Walzenpaare hergestellt wurden. Die Tragwände ruhen an den Enden auf Rolllagern, welche zwischen gußeisernen Platten laufen, in der

Fig. 6-10 bis 6-13. Querschnitte der Kiefern- und Eisenbahn-Brücke über die Rabe bei Bingen.

Mitte auf festen gußeisernen Platten, wobei alle Fußplatten zwischen sich und den unteren Gurtungsplatten, sowie über den oberen Quaderschichten der Pfeiler Zwischenlagen von Bleiplatten erhalten haben.

Die Nahebrücke bei Bingen, siehe Fig. 640—643, hat drei Oeffnungen von je 34,53 Mtr. (110' preuß.) Lichtweite, welche durch zwei gesonderte, auf gemeinschaftlichen Pfeilern ruhende Eisenkonstruktionen überbrückt sind. Die eine derselben trägt zwei Geleise zur Verbindung der Hessischen Ludwigsbahn mit der Rheinischen Bahn, während die andere dem gewöhnlichen Straßenverkehr zwischen beiden Ufern dient. Bei beiden Konstruktionen hat jede Oeffnung ihre besondere Ueberbrückung. Jede Ueberbrückung der Eisenbahnbrücke hat zwei einfache, 8,32 Mtr. ($26\frac{1}{2}'$ preuß.) von einander abstehende Tragwände, welche unten in Entfernungen von je 1,86 Mtr. ($5' 11''$ preuß.) durch doppelt T-förmige Träger aus Eisenblech verbunden und mit diesen durch dreieckige Bleche versteift sind. Die Tragwände sind, wie bei der vorbeschriebenen Moselbrücke, mit T-förmigen Gurtungen und Gitterstäben im zweifachen System, sowie mit flachen Vertikalstäben konstruirt und sind gegen die Gitterstäbe an den Stellen, wo sie mit den Vertikalplatten der Gurtungen vernietet sind, sowie in der Nähe der Auflager, der stärkeren Anspruchnahme entsprechend, überdies flache Laschen genietet. Die Querträger sind durch je vier doppelt T-förmige Längsträger, gleichfalls mittels dreieckiger Aussteifungsbleche, verbunden, welche die Querschwellen mit den Fahrschienen und dem Belag aus Längsböhlen aufnehmen. Ein zur Verhütung der Horizontalschwanfungen dienendes Horizontalgitter liegt unter den Querträgern und ist aus Winkleisen gebildet. — Die Tragwände der Straßenbrücke sind nach demselben System, nur mit entsprechend schwächeren Abmessungen, konstruirt. Die unmittelbar auf den Querträgern ruhende Brückenbahn besteht, wie die Figuren 640 und 641 zeigen, aus sieben Längschwellen mit doppeltem Belag aus quergelegten Böhlen für die Fahrbahn und aus je zwei Längschwellen mit Querschwellen und Längsböhlen für die beiderseitigen Bankette.

Während bei den letztgenannten Brücken der Rheinischen Eisenbahn auch die gezogenen Gitterstäbe steif, und zwar mit T-förmigem Querschnitt, profilirt wurden, erhielten die in den Jahren 1860—1862 in der Linie Heilbronn-Hall der Württembergischen Staatsbahn bei Heilbronn erbauten Brücken¹⁶²⁾ über den linken und rechten Neckararm, siehe Fig. 644 bis 653, mit je zwei Oeffnungen von je 25,785 Mtr. und mit je einer Oeffnung über den Wilhelmskanal von 25,785 Mtr. und über den Fabrikkanal von 22,92 Mtr. Spannweite nach dem System der, auf Seite 288 und 289 abgebildeten und beschriebenen, Fladenseebrücke wieder Flachschiene für die gezogenen und T-förmig profilirte Schienen nur für die gedrückten Gitterstäbe, während die Vernietungen derselben an ihren Kreuzungsstellen noch beibehalten sind.

Jede der genannten, unter sich gleichen Nedarbrücken besitzt kontinuierliche Träger mit je zwei Tragwänden für ein Geleise, welche durch doppelt T-förmige Querträger aus Eisenblech mittels dreieckiger, vertikaler Aussteifungsbleche unter einander verbunden sind, während die Querschwellen mit den Fahrschienen und dem Bohlenbelag auf je sieben besonderen, zwischen den Querträgern eingeschalteten Längsträgern ruhen. Die Tragwände selbst bestehen aus T-förmigen Gurtungen, welche außer durch die im zweifachen System angeordneten, unter Winkeln von 45° geneigten, außenliegenden, T-förmig profilirten Druckstäbe und innenliegenden flachprofilirten Zugstäbe an den Anschlüssen der Querträger durch Flachschiene verbunden sind.

Fig. 646.

Fig. 647.

Fig. 648.

Fig. 653.

Den verschiedenen Anspruchnahmen entsprechend, haben sowohl die gedrückten als die gezogenen Gitterstäbe drei verschiedene, in den Figuren 646—651 dargestellte, als auch die Gurtungen ab- und zunehmende Stärken erhalten. Die horizontalen Seitenversteifungskreuze liegen direkt unter den Querträgern und bestehen aus Flacheisen. Mit den Modifikationen, welche Träger über nur eine Öffnung erfordern, sind die beiden erwähnten Kanalbrücken ähnlich wie die Nedarbrücken konstruirt.

Im Jahre 1858 veröffentlichte *Monié*¹⁶³⁾ eine verbesserte, ihm paten- tirte Konstruktion der Gitterbrücken mehrfachen Systems, welche, mit Ausnahme der Brückenmitte, in der Vermeidung nach zwei Richtungen geneigter und in der Anwendung nur einseitig geneigter gezogener und lotrecht gestellter, steifprofilirter, gedrückter Stäbe, jedoch noch mit Anwendung ihrer Vernietung unter sich besteht und, außer an einer, im Anfang der sechziger Jahre mit zweifachem System ausgeführten Brücke bei Allahabad über den *Jumna*¹⁶⁴⁾ in der ostindischen Eisenbahn von Calcutta nach Delhi, an der in

den Jahren 1863—1864 erbauten Brücke über den Alten Rhein bei Grieshausen¹⁶⁵⁾ in der Linie Cleve-Zevenaar der Rheinischen Eisenbahn, siehe Fig. 654 bis 665, mit einer Oeffnung von 100,42 Mtr. (320' preuß.) und 20 Oeffnungen von 18,29 Mtr. (60' preuß.) im bezw. dreifachen und einfachen System Anwendung gefunden hat

Die 7,71 Mtr. (24' 6,7" preuß.) hohen Tragwände der großen Oeffnung schließen ein Bahngleise zwischen sich ein und bestehen aus Gurtungen mit je einer Horizontalplatte und je zwei, 41,75 Cmt. (16" preuß.) von einander abstehenden, mit jenen mittels Winkleisen vernieteten Vertikalplatten. Die Vertikalstäbe bestehen in einer Ausfüllung des Zwischenraumes zwischen den Gurtungen durch eine, mit Winkleisen eingefasste und mit jenen vernieteten Blechplatte, wodurch dieselben einen doppelt T-förmigen Horizontalschnitt erhalten. Die flachen, mit Ausnahme derjenigen an den Auflagern, unter Winkeln von 45° gegen den Horizont geneigten Zugstangen um-

fassen die vertikalen Gurtungsplatten paarweise und gehen an den Vertikalsteifen vorbei, an welchen sie durch Niete und Futterringe festgehalten werden. Die in der Mitte der Konstruktion vorkommenden Gegendiagonalen gehen, leicht zusammengezogen, zwischen den anderen hindurch. Die Tragwände sind oben, wie die Figuren 657 und 658 zeigen, sowol durch vertikale Quergitter aus horizontalen Winkleisen und diagonalen Flachstäben, welche die nöthige Durchfahrtsöffnung frei lassen, als durch horizontale Gitter aus Flachstäben zwischen den oberen Gurtungen, welche an ihren Kreuzungen durch je einen starken Niet zusammengehalten werden, abgesteift.

fig. 656.

fig. 657.

fig. 658.

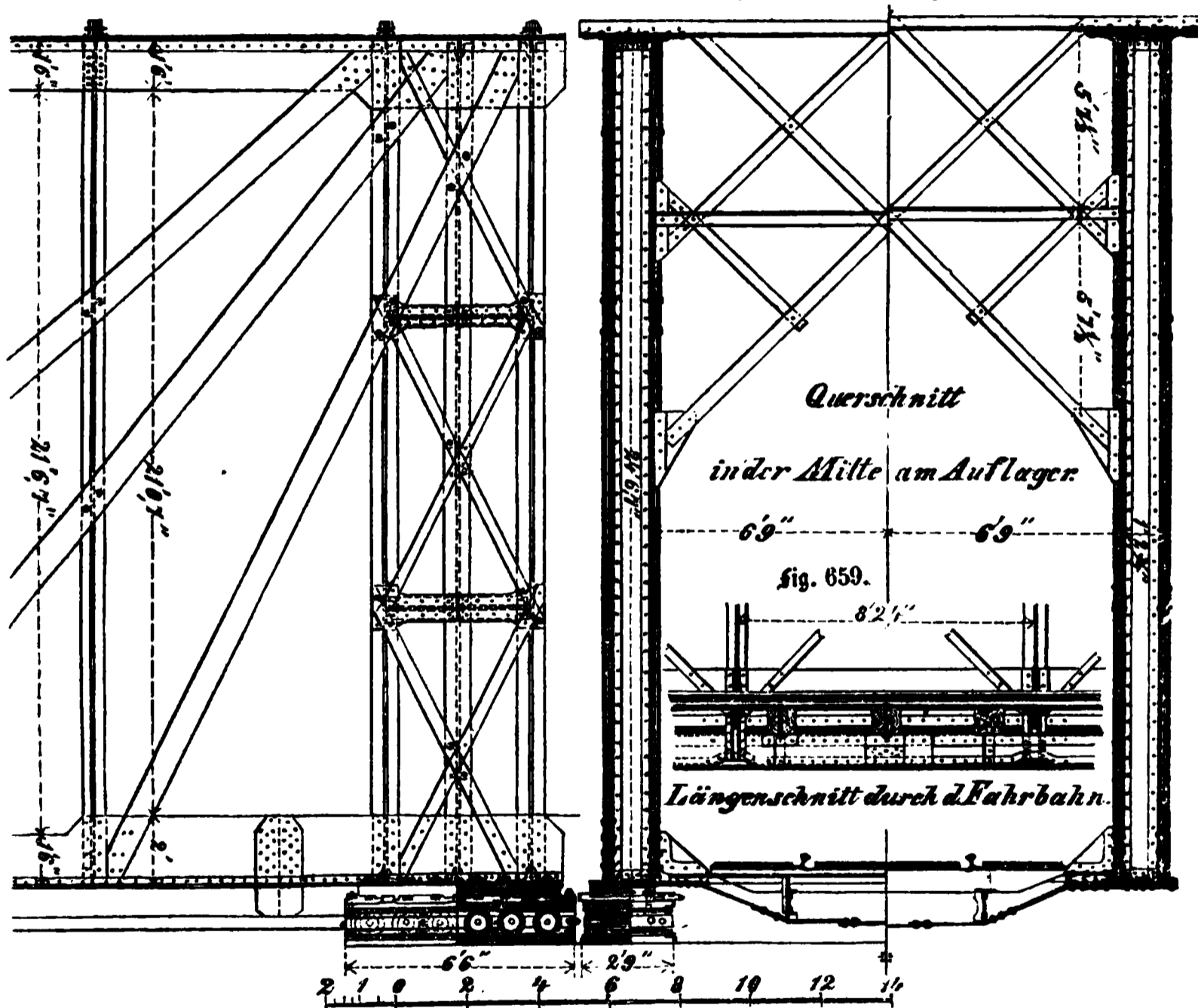


Fig. 656 bis 659. Längenschnitt und Querschnitt der Brücke über den Alten Rhein bei Griethausen.

Die untere Verbindung der Tragwände besteht, wie die Figuren 657 bis 659 zeigen, außer dreieckigen Eckversteifungen, aus einer nach unten zweimal gebrochenen, mit der wagerechten Platte der untern Gurtung verbundenen, durchgehenden Querplatte, welche die nöthige Horizontalversteifung und zugleich die untere Gurtung der Querträger bildet, während die obere Gurtung der Querträger aus je zwei Winkleisen besteht. Zwischen diesen Gurtungen der

Querträger liegen nach der Breite der Brücke je zwei T-förmige Längsträger, welche die Querschwellen mit den Fahrseilen und dem Bohlenbelag aufnehmen.

Fig. 660.

Fig. 661.

Fig. 662.

Fig. 660 bis 662. Ansicht und Grundriß der kleinen Öffnung der Brücke über den Alten Rhein bei Grieshausen.

Fig. 664

Fig. 663.

Fig. 663 bis 665. Querschnitt durch die kleine Öffnung der Brücke über den Alten Rhein bei Grieshausen.

An dem einen Ende besitzen die Träger ein festes, am anderen ein bewegliches Auflager, welche beide aus zwei gußeisernen Platten mit dazwischen geschobenen Stahlkeilen bestehen und wovon jenes fest aufliegt, letzteres wieder mittels eines Rollenstuhls auf einer dritten gußeisernen Platte ruht.

Jede Ueberbrückung der 18,83 Mtr. (60' preuß.) weiten Oeffnungen hat zwei einfache, 20,08 Mtr. (64' preuß.) lange, 4,71 Mtr. (15' preuß.) von einander entfernte, 2,51 Mtr. (8' preuß.) hohe Tragwände, welche mittels dreieckiger Versteifungsbleche durch neun doppelt T-förmige Querträger aus Eisenblech in Abständen von 2,51 Mtr. (8' preuß.) untereinander verbunden sind. Auf der unteren Gurtung der Querträger ruhen wieder je zwei doppelt T-förmige Längsträger, welche die Querschwellen mit den Fahrschienen und dem Belag aus Längsbohlen aufnehmen. Unterhalb der Querträger ist ein horizontales Versteifungsgitter aus Flachschienen eingespannt. Die Tragwände haben parallele Gurtungen, deren obere einen kreuzförmigen, aus vier Winkelleisen und dazwischen liegenden Flachstäben zusammengesetzten, deren untere einen T-förmigen, aus zwei Winkelleisen mit vertikalen und horizontalen Platten zusammengesetzten Querschnitt hat. Der zwischen den vertikalen Schenkeln dieser Winkelleisen befindliche Zwischenraum ist zur Vermeidung von Wasseransammlungen mit Asphalt ausgefüllt. Zur Verbindung beider Gurtungen dient jenes einfache System von kreuzförmigen Vertikalstäben und flachen Diagonalstäben, welche mittels besonderer Platten an die Gurtungen angegeschlossen sind.

Während die Gitterstäbe der großen Griethausener Ueberbrückung noch unter sich vernietet sind, ist bei der in den Jahren 1865—1867 erbauten Brücke über den Rhein zwischen Ludwigshafen und Mannheim¹⁶⁶⁾, siehe Fig. 666 bis 673, mit drei Oeffnungen von 90 Mtr. Spannweite diese Vernietung weggelassen und erscheint so das dieser Brücke zu Grunde gelegte Konstruktionsystem, ohne Anwendung einer Vernietung der Stäbe unter sich, als der klarste und zugleich ökonomisch vortheilhafteste Ausdruck des eigentlichen Fachwerkträgers mit parallelen Gurtungen. Diese Brücke hat zwei gesonderte, über den Pfeilern abgesetzte Ueberbrückungen, wovon die eine zwei Geleise zur Verbindung der Pfälzischen Ludwigsbahn und Badischen Staatsbahn überführt, die andere dem Straßenverkehr zwischen dem bayerischen und badischen Ufer dient, während jede derselben einen nach außen vorgefragten Fußpfad besitzt. Jeder einzelne Ueberbau der Eisenbahnbrücke hat zwei doppelte Tragwände, welche unten durch doppelt T-förmige, auf den Unterrahmen ruhende Querträger aus Eisenblech und oben durch Gitterbalken mit vertikalen Eckversteifungen aus Winkelleisen verbunden sind. Die Querträger sind wieder durch je vier, doppelt T-förmige Längsträger unter sich verbunden, worauf die Querschwellen mit den Fahrschienen und den Längsbohlen liegen. Unter diesen Schwellenträgern befinden sich die unteren, über den Oberrahmen die oberen, wagerechten Diagonalversteifungen zur Verhütung von Seitenschwankungen. Die obere und untere Gurtung der Doppelwände besteht aus einer wagerechten, zusammengesetzten Platte und je zwei vertikalen, durch je vier Winkelleisen mit ihr zusammengenieteten Platten.

Die Verbindung dieser Gurtungen besteht in Vertikalversteifungen aus Winkleisen und Gitterwerk mit doppelt T-förmigem Querschnitt, s. Fig. 671, welche den Raum zwischen den Gurtungen einer Doppelwand ausfüllen und in schrägen Zugbändern aus je zwei, nach den Auflagern hin an Breite zunehmenden Flachschielen, welche an die Vertikalplatten der Gurtungen mittels besonderer Laschen angenietet sind. Die Ueberbaukonstruktionen der Straßenbrücke sind mit verminderten Abmessungen in ganz ähnlicher Weise wie diejenigen der Eisenbahnbrücke konstruirt, nur liegen auf den Querträgern sieben doppelt T-förmige Längsträger aus Eisenblech, welche einen doppelten Belag von Querböhlen für die Fahrbahn aufnehmen. Die beiden vorgefragten Bankette bestehen aus Querböhlen, welche auf je drei niedrigen, doppelt T-förmigen Längsträgern aus Eisenblech liegen, welche letztere wieder durch dreieckige, aus Winkleisen zusammengesetzte und durch Versteifungsbleche mit den Tragwänden verbundene Konsolen unterstützt sind. Jede Ueberbaukonstruktion ist unter den Enden ihrer unteren Gurtungen mit Halbwalzen, s. Fig. 672, versehen, um welche sie sich bei Einsenkungen in entsprechenden Vertiefungen ungehindert drehen kann, und ruht an dem einen Ende auf einer festen, an dem andern Ende auf einer beweglichen Unterlage, wovon die erstere aus einer gußeisernen mit dem Pfeilermauerwerk verankerten Platte, die zweite aus einer gußeisernen Unterlagsplatte besteht, die auf einer mit dem Pfeilermauerwerk verankerten Schiebepatte hin- und hergleiten kann.

Unter die neuesten Beispiele dieses Systems gehört die im Jahre 1869 vollendete, zweigleisige Brücke über den Donaukanal bei Wien¹⁶⁷⁾ in der Verbindungslinie der neuen Staatseisenbahnlinien zwischen Wien und Stadtlau, siehe Figur 674 bis 684, mit einer Oeffnung von 79,66 Mtr. (252' österr.) Spannweite und zwei, oben durch bogenbrückenförmige, vertikale Quergitter mit darüber liegendem Horizontalgitter und unten durch, im Querschnitt I-förmige Querträger mit darunter liegendem Horizontalgitter verbundenen, von Axe zu Axe 7,90 Mtr. (25' österr.) hohen und 8,09 Mtr. (25,5' österr.) von einander entfernten Tragwänden mit zweifachem Fachwerkssystem. Die oberen Gurtungen und senkrechten Ständer derselben sind als hohle Cylinder aus je vier gewalzten Viertelcylinder- oder Quadranteisenstäben, welche als eine vervollkommnete, ohne Schwierigkeit zu walzende Form der auf Seite 285 erwähnten und auf Seite 287 abgebildeten, v. Ruppert'schen halbcylindrischen Stäbe anzusehen sind, die untern Gurtungen als hohle Halbcylinder aus je zwei gewalzten Quadranteisenstäben, die geneigten Stäbe aus flachen, mit von der Mitte nach den Auflagern hin breiter angeordneten und nur in der Mitte gekreuzten Stäben konstruirt. Die gegen Druck wirkenden Glieder erscheinen durch die Cylinderform massiver als die übrigen, mit absoluter Festigkeit arbeitenden Theile der Tragwände, wodurch zugleich die Verschiedenheit ihrer statischen Funktion ästhetisch vortheilhaft charakterisirt wird.

Fig. 674 bis 680. Eisenbahnbrücke über den Genaukanal zwischen Wien und Sieghart.

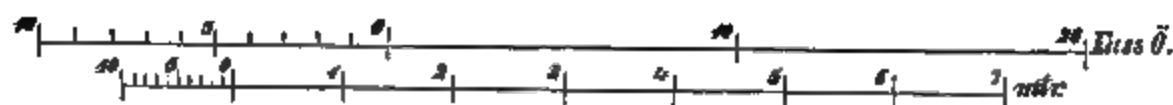
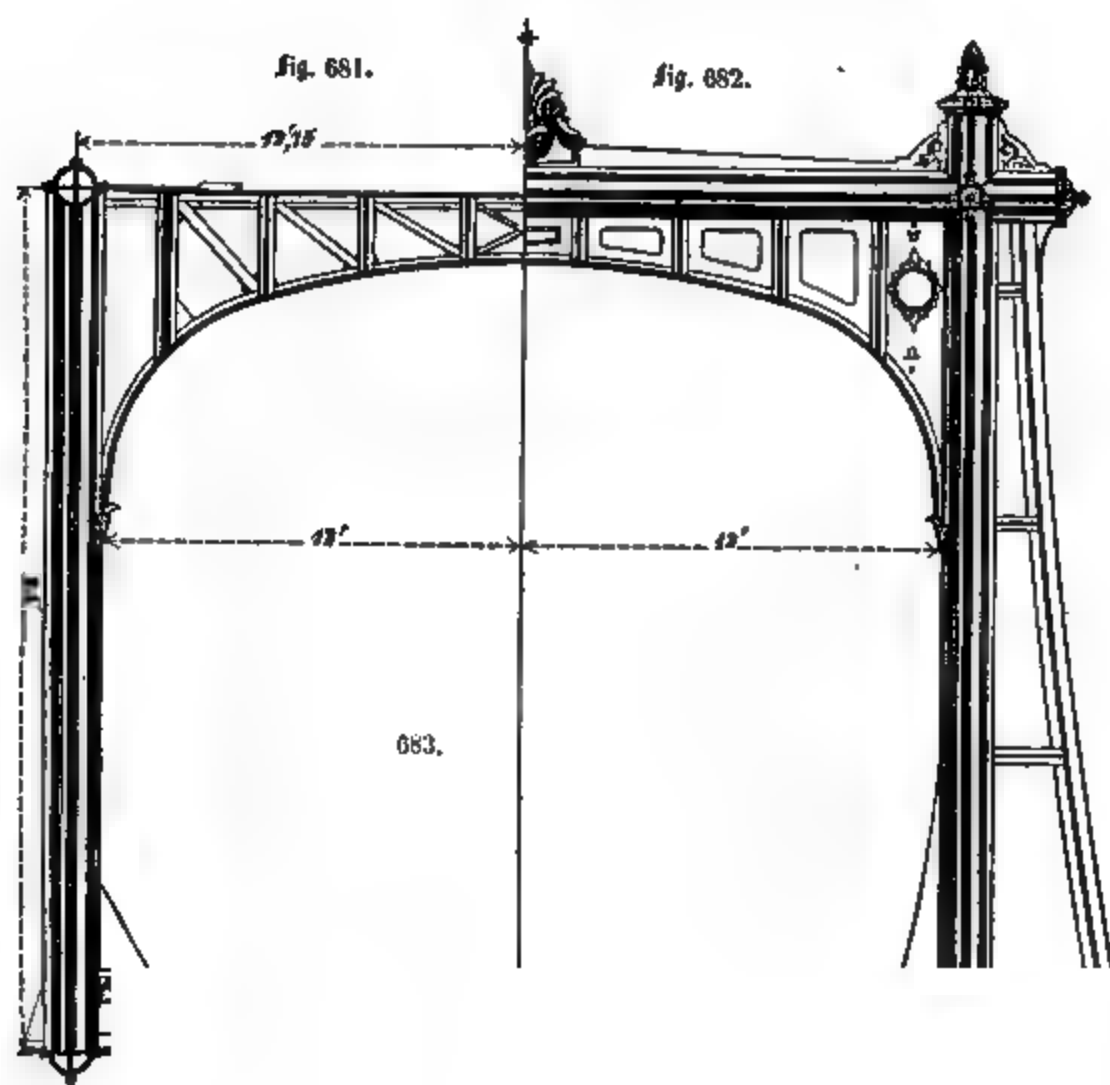
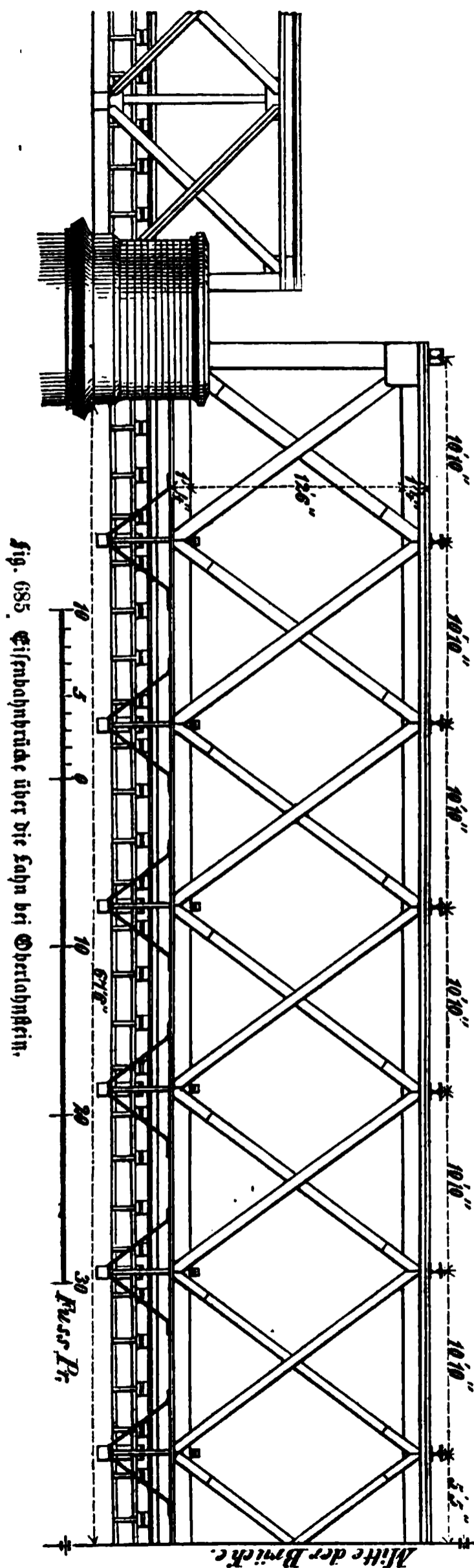


fig. 681 bis 683.

Querschnitt, Quersicht und Details der Eisenbahnbrücke über den Donaukanal zwischen Wien und Stadlau.

Die aus Quadranteisen gebildeten Cylinder gewähren mittels der, zwischen sie eingeschalteten, Vertikal- und Horizontal-Bleche zugleich den Vortheil eines bequemen und soliden Anschlusses der vertikalen und horizontalen Konstruktionstheile der Brücke. Auch die, der übrigen Konstruktion harmonisch angepaßten, Portalabschlüsse der Brücke sind aus ökonomischen Rücksichten von Eisen gebildet und zur Vermehrung der Stabilität an jedem Ende mit je drei, nach unten verbreiterten, massiven Strebewänden versehen.



Die Parallelträger nach dem System des gleichschenkeligen Dreiecks haben, als gemischteiserne Träger, außer in Belgien, Frankreich und England, hauptsächlich in Oesterreich Anwendung gefunden, unter welchen die in Mähren auf der Kaiser Ferdinand-Nordbahn bei Prerau erbaute Brücke über den Betsch mit fünf Oeffnungen von 19,91 Mtr. (63' österr.), die in Gumpendorf bei Wien errichtete Brücke über die Wien von 20,22 Mtr. (61' österr.), die vor dem Carolinenthor in Wien, gleichfalls über die Wien führende Brücke von 36,17 Mtr. (114½' österr.) und die bei Leitmeritz über die Elbe führende Brücke mit fünf Oeffnungen von 40,92 Mtr. (129½' österr.) bis 43,37 Mtr. (137½' österr.) Spannweite mit mehr oder minder glücklicher Detailkonstruktion hervorzuheben waren.

Eine eigenthümliche, vortheilhafte Ausbildung hat dieses System bei der, in den Jahren 1863 und 1864 in der Eisenbahnlinie Koblenz = Oberlahnstein erbaute Brücke über die Lahn bei Oberlahnstein¹⁶⁸⁾, siehe Fig. 685 bis 701, erfahren, deren Träger über die mittlere Oeffnung von 45,50 Mtr. (145' preuß.) Spannweite ganz aus Schmiedeeisen hergestellt sind und zum ersten Male ein zweifaches, d. h. aus zwei einfachen Neville-Warren'schen Systemen zusammengesetztes System zeigen. Diese Brücke überführt zwei Geleise und besteht aus zwei doppelten Tragwänden, welche unten durch angehängte I-förmige Querträger aus Eisenblech mit Horizontalgitter und oben durch gleichfalls I-förmige Querbalken mit

Horizontalgitter aus Flachschienen untereinander verbunden sind. Die Querträger sind durch je vier I-förmige Längsträger aus Eisenblech miteinander verbunden, welche die Querschwellen mit den Fahrschienen und dem Bohlenbelag aufnehmen. Die Tragwände besitzen eine Länge von 44,19 Mtr. (140' 10" preuß.) zwischen den Mitteln der Vertikalversteifungen an den Enden, sind in dreizehn Felder von je 3,4 Mtr. (10' 10" preuß.) Länge getheilt und sind 4,57 Mtr. (14' 7" preuß.) im Mittel von einander entfernt.

Fig. 690—701. Details der Eisenbahnbrücke über die Fahn der Oberlahnstein.

Ihre obere Gurtung hat einen kastenförmigen, unten offenen Querschnitt aus zwei Vertikalplatten und einer mit denselben durch vier Winkelleisen verbundenen Horizontalplatte, während ihre untere Gurtung wegen der Aufhängung der Querträger aus zwei getrennten, unter sich gleichen, T-förmigen Hälften besteht. Die gedrückten Stäbe, welche die Gurtungen verbinden, bestehen aus je zwei Flachseisen, welche mittels aufgenieteter Winkelleisen und Gitterwerk von Flachstäben mit wechselnder Breite zu einem T-förmigen Querschnitt verbunden sind, während die gezogenen Stäbe aus je vier Flachstäben von 1 Cmtr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) Dicke und wechselnder Breite bestehen, s. Fig. 690—695. Die ersteren umschließen mit ihren Enden paarweise die vertikalen Platten der Gurtungen, während die letzteren in der Ebene dieser Platte liegen und durch Laschen an dieselbe angeschlossen sind. An den Kreuzungen sind die Stäbe durch Nieten verbunden. Die Träger sind unter ihren Enden mit Halbwalzen

1, um welche sie sich in den diesen entsprechenden Vertiefungen der
 38platte bei Durchbiegungen drehen können. Die eine dieser Unterlags-
 ist fest, während die andere sich auf einem Rollstuhl, der Längen-
 rung durch den Temperaturwechsel entsprechend, verschieben kann.
 as unter die Parallelträger gehörige Schifflorn'sche System wurde
 chweg in Schmiedeeisen ausgeführt und ist unter den gemischteisernen
 auf Seite 144 bis 146 betrachtet worden.

Fig. 702.

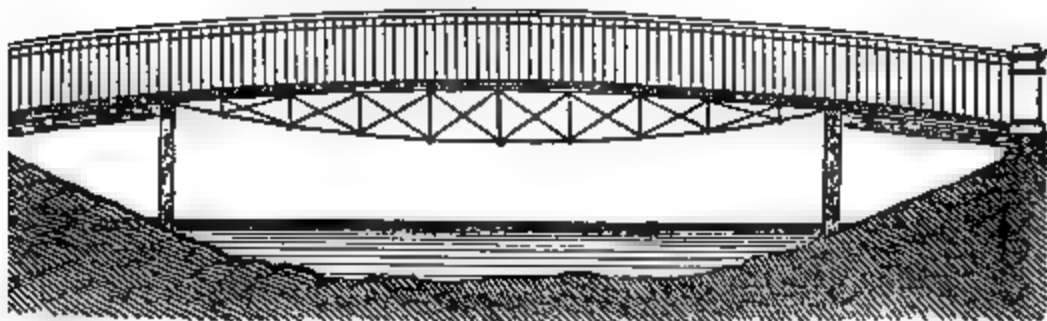


Fig. 703.



Fig. 702 und 703. Fußbrücke im Gräflich Münster'schen Park zu Prenzlau.

Fig. 705.



Fig. 704 und 705. Fahrbrücke im königlichen Garten zu Montbrillant.

Don seit dem Jahre 1835 wurden von Laves¹⁶⁹⁾ Träger mit gebogenen
 zu Hoch- und Brücken-Bauten angewandt, welche zunächst aus, nach
 ralen Are aufgespaltenen, an den Enden verschraubten und zwischen
 a durch Sprengbolzen auseinander gespreizten hölzernen Balken bestanden,

später aber auch in Schmiedeeisen nachgebildet wurden. Hierher gehört die im Jahre 1838 erbaute schmiedeeiserne, 1,17 Mtr. (4' hann.) breite Fußgängerbrücke im Gräflich Münster'schen Park zu Dornburg, s. Fig. 702 und 703, mit 8,18 Mtr. (28' hann.) Spannweite. Die beiden Tragrippen dieser Brücke bestehen aus zwei gebogenen, durch Vertikalpfosten und Kreuzverbindungen versteiften Gurtungen, welche durch einen Querkreuzverband gegen Seitenschwankungen gesichert sind, und nehmen einen Bohlenbelag mit einem schmiedeeisernen Geländer auf. Das Gewicht des ganzen Brückenkörpers beträgt 514 Pfd., also $18\frac{1}{3}$ Pfd. für den laufenden Fuß. Die im Jahre 1841 über den Freiherrlich Knigge'schen Hausgraben zu Laveste erbaute schmiedeeiserne Brücke von 14,6 Mtr. (50' hann.) Weite und 2,92 Mtr. (10' hann.) Breite besitzt drei ähnlich konstruirte, nach der Quere versteifte Tragrippen, zwischen deren Knotenpunkte jedoch kleinere, nach dem ähnlichen System konstruirte Zwischenträger zur weiteren Unterstützung der Fahrbahn eingeschaltet sind. Ähnliche Zwischenträger sowie, zur Herstellung eines größeren Widerstandes gegen Biegung, nach demselben Konstruktionsystem gebildete Vertikalpfosten und Diagonalverbindungen enthält die schmiedeeiserne Fahrbrücke im königlichen Garten zu Monbrillant, siehe Fig. 704 und 705, deren drei Tragrippen, durch eine Querkreuzverbindung seitlich versteift, einen Bohlenbelag mit reichem eisernen Geländer aufnehmen. Die im Jahre 1850 ganz aus Schmiedeeisen konstruirte Fahrbrücke über die Ocker bei Meinersen, siehe Fig. 706 bis 708, hat zwei Oeffnungen von je 17,82 Mtr. (61' hann.) lichter Weite und einer fast ebenen Fahrbahn von 4,82 Mtr. ($16\frac{1}{2}$ ' hann.) Breite, die mittels Stützflößen von entsprechender, nach den Auflagern hin zunehmender Höhe auf fünf, aus gebogenen Rahmen, Vertikalpfosten und Kreuzverbindungen gebildeten und durch vertikale, zwischen jene Pfosten eingeschaltete, Diagonalverbindungen nach der Breite verbundenen Tragrippen ruht. Die Fahrbahn selbst besteht aus einem doppelten Bohlenbelag und ist durch zwei schmiedeeiserne Geländer begrenzt. Das Laves'sche System zeigt ferner die im Jahre 1838 über die Einmündung des oberländischen Hafens im Werder in Bremen erbaute Drehbrücke¹⁷⁰⁾ mit 23,4 Mtr. (80' hann.) langen Brückenbalken über eine 12,12 Mtr. ($41\frac{1}{2}$ ' hann.) weite Oeffnung, deren gekrümmte, unter sich durch vertikale schmiedeeiserne Ständer und Diagonalstäbe verbundene Rahmen aus theils schwedischem, theils englischem Walzeisen bestehen, welcher bald darauf eine nach demselben System, gleichfalls in Bremen, erbaute feste Chausséebrücke mit zwei Oeffnungen von ca. 11,1 Mtr. (38' hann.) Spannweite folgte.

Im Jahre 1856 nahm v. Pauli ein Patent auf Brückenträger, s. Fig. 709 bis 711, deren polygonförmige Rahmen so gebrochen sind, daß deren Spannung für die Maximalbelastung nach der ganzen Länge der Oeffnung konstant bleibt. Die Verbindung dieser Rahmen ist durch steife Vertikalpfosten

Abtheilung. Erster Abschnitt. Die Träger der eisernen Brücken.

1 welche sie sich in den diesen entsprechenden Vertiefungen der e bei Durchbiegungen drehen können. Die eine dieser Unterlagst, während die andere sich auf einem Rollstuhl, der Längenur durch den Temperaturwechsel entsprechend, verschieben kann. ter die Parallelträger gehörige Schifkorn'sche System wurde in Schmiedeeisen ausgeführt und ist unter den gemischteisernen Seite 144 bis 146 betrachtet worden.

Fig. 702.

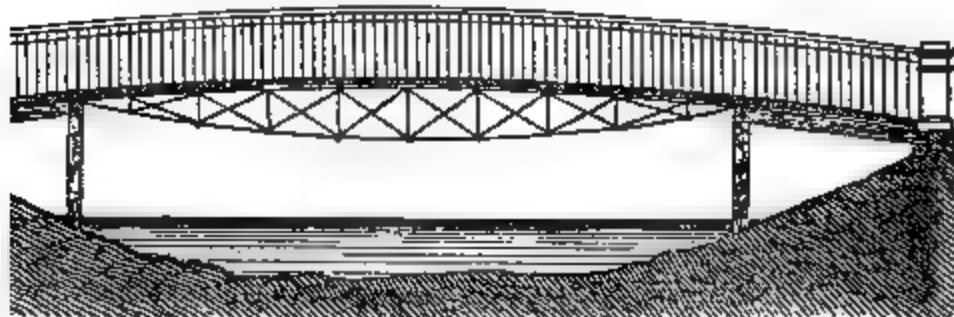


Fig. 703.



g. 702 und 703. Fußbrücke im Gräflich Mänfler'schen Park zu Bernburg.

Fig. 705.



Fig. 704 und 705. Fahrbrücke im königlichen Garten zu Montbrillant.

it dem Jahre 1835 wurden von Laves¹⁶⁹⁾ Träger mit gebogenen och- und Brücken-Bauten angewandt, welche zunächst aus, nach Are aufgespaltenen, an den Enden verschraubten und zwischen h Sprengbolzen auseinander gespreizten hölzernen Balken bestanden,

später aber auch in Schmiedeeisen nachgebildet wurden. Hierher gehört die im Jahre 1838 erbaute schmiedeeiserne, 1,17 Mtr. (4' hann.) breite Fußgängerbrücke im Gräflisch Münster'schen Park zu Dornburg, s. Fig. 702 und 703, mit 8,18 Mtr. (28' hann.) Spannweite. Die beiden Tragrippen dieser Brücke bestehen aus zwei gebogenen, durch Vertikalpfosten und Kreuzverbindungen versteiften Gurtungen, welche durch einen Querkreuzverband gegen Seitenschwankungen gesichert sind, und nehmen einen Bohlenbelag mit einem schmiedeeisernen Geländer auf. Das Gewicht des ganzen Brückentkörpers beträgt 514 Pfd., also $18\frac{1}{3}$ Pfd. für den laufenden Fuß. Die im Jahre 1841 über den Freiherrlich Knigge'schen Hausgraben zu Laveste erbaute schmiedeeiserne Brücke von 14,6 Mtr. (50' hann.) Weite und 2,92 Mtr. (10' hann.) Breite besitzt drei ähnlich konstruirte, nach der Quere versteifte Tragrippen, zwischen deren Knotenpunkte jedoch kleinere, nach dem ähnlichen System konstruirte Zwischenträger zur weiteren Unterstützung der Fahrbahn eingeschaltet sind. Ähnliche Zwischenträger sowie, zur Herstellung eines größeren Widerstandes gegen Biegung, nach demselben Konstruktionsystem gebildete Vertikalpfosten und Diagonalverbindungen enthält die schmiedeeiserne Fahrbrücke im königlichen Garten zu Monbrillant, siehe Fig. 704 und 705, deren drei Tragrippen, durch eine Querkreuzverbindung seitlich versteift, einen Bohlenbelag mit reichem eisernen Geländer aufnehmen. Die im Jahre 1850 ganz aus Schmiedeeisen konstruirte Fahrbrücke über die Oder bei Meinersen, siehe Fig. 706 bis 708, hat zwei Oeffnungen von je 17,82 Mtr. (61' hann.) lichter Weite und einer fast ebenen Fahrbahn von 4,82 Mtr. ($16\frac{1}{2}$ ' hann.) Breite, die mittels Stützköten von entsprechender, nach den Auflagern hin zunehmender Höhe auf fünf, aus gebogenen Rahmen, Vertikalpfosten und Kreuzverbindungen gebildeten und durch vertikale, zwischen jene Pfosten eingeschaltete, Diagonalverbindungen nach der Breite verbundenen Tragrippen ruht. Die Fahrbahn selbst besteht aus einem doppelten Bohlenbelag und ist durch zwei schmiedeeiserne Geländer begrenzt. Das Laves'sche System zeigt ferner die im Jahre 1838 über die Einmündung des oberländischen Hafens im Werder in Bremen erbaute Drehbrücke¹⁷⁰⁾ mit 23,4 Mtr. (80' hann.) langen Brückenballen über eine 12,12 Mtr. ($41\frac{1}{2}$ ' hann.) weite Oeffnung, deren gekrümmte, unter sich durch vertikale schmiedeeiserne Ständer und Diagonalstäbe verbundene Rahmen aus theils schwedischem, theils englischem Walzeisen bestehen, welcher bald darauf eine nach demselben System, gleichfalls in Bremen, erbaute feste Chausseebrücke mit zwei Oeffnungen von ca. 11,1 Mtr. (38' hann.) Spannweite folgte.

Im Jahre 1856 nahm v. Pauli ein Patent auf Brückenträger, s. Fig. 709 bis 711, deren polygonförmige Rahmen so gebrochen sind, daß deren Spannung für die Maximalbelastung nach der ganzen Länge der Oeffnung konstant bleibt. Die Verbindung dieser Rahmen ist durch steife Vertikalpfosten

Fig. 100.

Fig. 713.

Fig. 712.

Fig. 712 bis 719. Brücke über die Jura bei Grosbiefelde.

geschieht mittels doppelter Laschen und Bolzen unten an das Vertikalblech,
 genietet sind, und oben an ein Blech, welches zwischen die
 n eingienietet ist. Die Auflagerstühle sind so konstruirt,
 durch Temperaturwechsel bedingten Längenveränderung, als
 len Oscillation beim Befahren der Brücke den nöthigen

Unter den Enden des Spannbogens sind nämlich verstählte 726 bis 728, befestigt, die auf der cylindrischen Fläche eines Stahlschlückes ruhen; auf jeder Seite greift ein Zahn der in den entsprechenden Zwischenraum zweier Zähne der unteren, Einbiegen der Rippe die obere ebene Stützplatte auf der unteren wälzt. Das eine Ende der Träger ruht auf einem im Stuhl, das andere aber mittels eines Rollenstuhles auf Stel-
mtr. Höhe und 49,5 Cmtr. Länge, s. Fig. 726 und 728, schlücken von 14,6 Cmtr. Radius gebildet und mit angegossenen sind, die zwischen entsprechende Zähne an dem Rollenstuhl-
platte eingreifen, damit ihre parallele Lage erhalten bleibt.
n der Walzen sind abgedreht und wälzen sich auf ebenen, ab-

. Die Gurtungen der konsolenartig endigenden Querträger, von den Säulen, zum Theil von den Längsträgern unter-
hen aus je zwei Winkleisen. Die obere Gurtung der ersteren
urch die Säulen hindurch, während sich die untere an sie
en gehen bei den von den Längsträgern getragenen Quer-
tungen ohne Unterbrechung durch dieselben. Die Gurtungen
versteifungen versehenen Längsträger sind aus Winkleisen
deren wagerechte Schenkel nach innen liegen, um ihre Ver-
längsträgern zu erleichtern. Die hölzernen Längsschwellen sind
äger befestigt, daß diese sich unter jenen ungehindert bewegen
em Querträger ist nämlich an die innere Seite der Läng-
t genagelt, der unter einen gußeisernen, auf den Querträger
r greift, damit sie nicht durch den Seitenstoß der Maschine
während an der unteren Fläche der Schwelle zwischen jeden
Blättchen eingeschraubt sind, die den wagerechten Schenkel der
des Längenträgers übergreifen und dadurch ein Aufheben
auf der andern Seite verhindern. Zur Verhütung von
en ist eine Seitenverspannung der Druckbogen aus quer-
isen und Diagonalen aus Flachseisen, sowie vertikale Ver-
zen den Säulen aus wagerechten Rundseisen zwischen den
aus flachen Diagonalseisen angebracht.

Brücke verwendete Eisen wurden an ihrer Oberfläche durch
ter Säure und Scheuern von Hammerschlag gereinigt, je

nach der Größe fünf bis fünfzehn Minuten in siedendes Del getaucht, wodurch jede Spur von Feuchtigkeit von der Oberfläche des Eisens entfernt und eine fest haftende Firnißschicht gebildet wurde, unmittelbar vor der Montirung gut mit Mennigfarbe und nach der Zusammensetzung zweimal mit gewöhnlicher Delfarbe angestrichen.

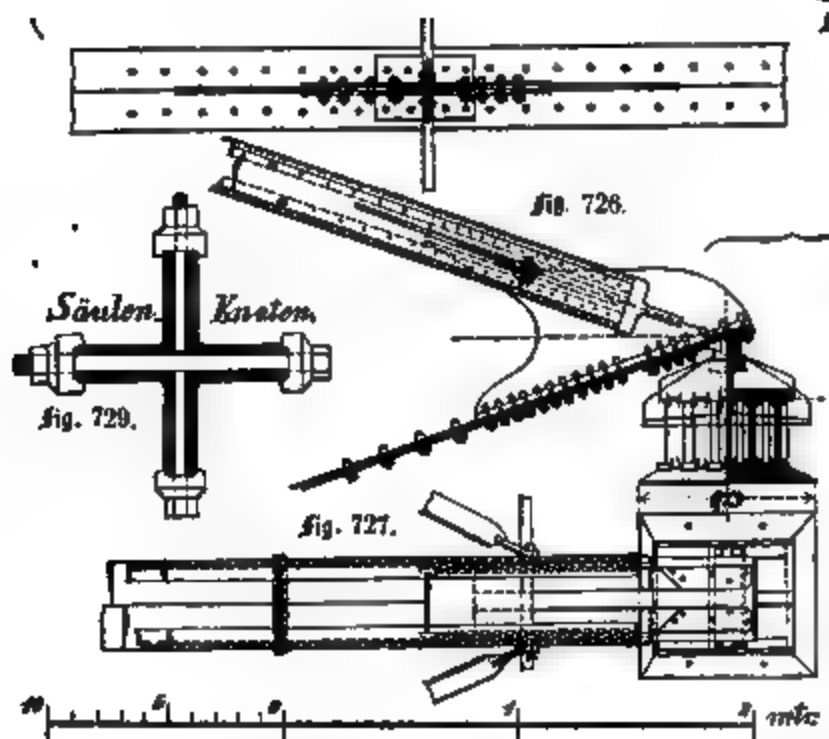
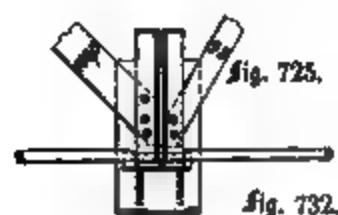
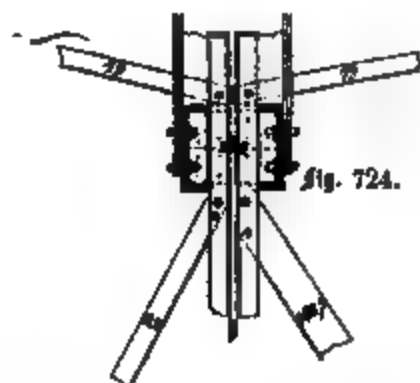


fig. 720 bis 734. Brücke über die Isar bei Großhefelohe.

Alle auf Zug zu beanspruchenden Eisen wurden auf einer, für Festigkeitsproben eigens konstruirten Maschine unter Spannungen von 1140 K_g. per □ C_{entr}. und Brellung durch Hammerschläge Stück für Stück geprüft, wobei man schlecht geschweißte Stellen sicher erkennen konnte und wodurch das Eisen vollkommen elastisch wurde. Die Verbindung der einzelnen Theile geschah nur untergeordnet

Außer einer Anzahl kleinerer Eisenbahn- und Straßen-Brücken, welche nach v. Pauli's System ausgeführt wurden und worunter die Eisenbahnbrücke über die Rodach in der Linie Hochstadt-Stockheim mit 33,3 Mtr. Spannweite, sowie die Straßenbrücke über den Main in Schweinfurt mit 35,5 Mtr. hervorzuheben sind, wurde in den Jahren 1860 bis 1862 die Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz¹⁷²⁾ in der Hessischen Ludwigsbahn, siehe Fig. 735 bis 739, mit 32 Oeffnungen, nämlich vier Hauptöffnungen mit 101,29 Mtr. lichter Weite und 105,21 Mtr. Stützweite, sechs Flutöffnungen von 35,5 Mtr., dreizehn Oeffnungen von 15,0 Mtr., zwei Oeffnungen von 25,0 Mtr. und sieben Oeffnungen zu 15 Mtr. Weite, sämmtlich nach demselben System erbaut. Die Bahnaxe in den Hauptöffnungen der Brücke ist eine gerade Linie, welche von der Normalen zu der Korrektionslinie des Rheins um 27° abweicht und sich an die, in den Auffahrtsrampen gelegenen Kurven von 395,075 Mtr. Länge mit 360 Mtr. Radius und $\frac{1}{80}$ Gefälle am linken Ufer und von 217,725 Mtr. Länge mit 750 Mtr. Radius und $\frac{1}{74}$ Gefälle am rechten Ufer anschließt. Die Schienenunterkante in den Hauptöffnungen liegt 15,1 Mtr. über dem Nullpunkt des Mainzer Pegels und 1 Mtr. über der Unterseite der Träger, so daß sich die letztere 14,1 Mtr. über dem Nullpunkte des Mainzer Pegels befindet; eine Höhe, welche den Schiffen mit umgelegten Masten, selbst bei dem höchsten fahrbaren Wasserstande, die Brücke zu passiren gestattet.

Jede Oeffnung ist mittels zweier Tragrippen für ein Geleise überbrückt, auf deren regelmäßig vertheilte, vertikale Säulen das Gewicht des auf Querschwellen ruhenden Schienengeleises sammt seiner Verkehrsbelastung mittels direkt unter den Fahrschienen liegender Längsträger und daran angeschlossener Quertträger übertragen wird. Die Tragrippen bestehen, wie diejenigen der Isarbrücke, aus Druck- und Spannbogen, welche durch Bogenschuhe, durch Säulen und Diagonalzugbänder unter einander verbunden sind, und ruhen wie jene auf einerseits festen, andererseits verschieblichen Unterlagen, welche beide Vertikaloscillationen gestatten. Die geometrische Höhe der Tragrippen ist nach der Spannweite und Konstruktionshöhe verschieden und beträgt in der Mitte der 101,29 Mtr. weiten Oeffnungen 15 Mtr., der 33,5 Mtr. weiten 5 Mtr., der 25 Mtr. weiten 3 Mtr. und der 15 Mtr. weiten 1,6 bis 2,3 Mtr. Durch diese verschiedenen Höhen der Tragrippen wurde eine relativ verschiedene Höhenlage ihrer Stützpunkte bedingt, welche bei den Tragrippen der größeren Oeffnungen durch thorförmige, schmiedeeiserne Pfeileraufsätze gebildet werden und so hoch liegen, daß unter denselben hinreichend Raum für die Durchfahrt der Bahnzüge bleibt; eine Anordnung, welche zugleich eine durchlaufende Querversteifung der großen Druckbogen zuließ. Die Fahrbahntafel wurde aus demselben Grunde bei

träger bestehen aus doppelt T-förmigen Trägern aus Fachwerk und bezw. Eisenblech, während die einerseits vorgefragten Konsolen des Trottoirs aus Gitterwerk gebildet und mittels Winkelblechen an die angrenzenden Pfosten befestigt sind. Die Längenträger nehmen die Querschwellen und diese die, direkt über jenen befestigten, Fahrsehlen auf.

Die Details der Eisenkonstruktionen über die Flutöffnungen sind denjenigen der Hsabrücke ähnlich konstruiert, sowie auch die Behandlung der Eisenheile vor ihrer Zusammensetzung mit der dort beschriebenen übereinstimmt.

Als die neuesten, bis jetzt unausgeführten, Vorschläge zur Fortbildung dieses Systems sind die Entwürfe von Brückenträgern mit gekrümmten, sich durchkreuzenden Rahmen¹⁷³⁾ anzusehen, welche unter sich durch Vertikalständer und Diagonalen und an ihrem Kreuzungspunkte direkt verbunden sind. Insbesondere wurden im Jahre 1864 bei der XIV. Versammlung deutscher Architekten und Ingenieure in Wien von v. Kuppert die Entwürfe für eine Brücke über den Bosphorus mit einer mittleren Oeffnung von 205,4 Mtr. (650' österr.) und zwei Seitenöffnungen von je 162,11 Mtr. (513' österr.) sowie über eine Schlucht von 252,8 Mtr. (800' österr.) Weite ausgestellt, welche er im Jahre 1865, mit einer theoretischen Erörterung begleitet, veröffentlichte.

Die im Jahre 1861 vollendete schiefe, eingleisige Brücke über die Brahe bei Ezerst¹⁷⁴⁾ in der Bromberg-Thorner Eisenbahn, siehe Fig. 740 bis 745, mit zwei Oeffnungen von 20,08 Mtr. (64' preuß.) normaler Weite, besitzt je zwei Tragrippen pro Geleise mit gedrückten Gurtungen von der Form eines der Parabel eingeschriebenen Polygons und horizontale gezogene Gurtungen, welche durch versteifte Vertikalständer und flache Diagonalbänder untereinander verbunden sind. Die obere Gurtung besteht aus zwei Vertikalblechen, welche durch vier Winkeleisen und durch, sowol oben als unten angebrachtes, Gitterwerk zu einem kastenförmigen Querschnitt von 34 Cmtr. (13" preuß.) Weite vernietet sind; die untere Gurtung aus vier, durch Laschen zu je zweien mit einander verbundenen Vertikalblechen. Die Vertikalständer sind aus Winkeleisen und Gitterwerk, die Zugbänder aus je vier Flachsehlen gebildet und beide durch starke Querbolzen mit den Gurtungen verbunden. Auf der unteren Gurtung ruhen in Entfernungen von 2,82 Mtr. (9' preuß.) die in der Mitte 86,25 Cmtr. (33" preuß.) hohen und aus Gitterwerk gebildeten, an den Enden bis auf 39,25 Cmtr. (15" preuß.) verjüngten und aus Eisenblech bestehenden Querträger, welche mit den Pfosten durch Winkeleisen vernietet und durch Winkelbänder besonders versteift sind. An die Querträger sind die 1,88 Mtr. (6' preuß.) von einander entfernten, 47,1 Cmtr. (1 1/2' preuß.) hohen I-förmigen Längsträger aus Eisenblech genietet, welche die Querschwellen mit den Fahrsehlen und dem Bohlenbelag tragen. Die

aus Gußeisen bestehenden Auflagerschuhe der Träger sind zwischen die Vertikal-
schienen der unteren Gurtung eingeschaltet, mit denselben durch je drei starke
Querbolzen verbunden und ruhen auf, oben cylindrischen, Stützplatten von
7,8 Cmt. (3" preuß.) Radius, die über dem Mittelpfeiler auf besonderen
Unterlagsplatten mittels Keilen befestigt, über den Endpfeilern auf, zu einem
Rollstuhl vereinigten, Cylinderausschnitten verschieblich sind. Die erforderliche,
bis zu den Auflagern fortgesetzte Querversteifung ist in der Mitte der unteren
Gurtung angebracht und besteht aus Flachschieben, welche an die Querbolzen
der Gurtungen mittels besonderer Lappen und doppelter Laschen angebolzt und
mit den unteren Gurtungen der Längsträger vernietet sind. Außerdem sind
die Querbolzen der unteren Rahmen mittels 3,9 Cmt. ($1\frac{1}{2}$ " preuß.) starker
Rundstäbe gegen die Querträger abgestützt. Die Geländer bestehen aus
5,2 Cmt. (2" preuß.) weiten Röhren und sind mittels eiserner Lappen an
die Winkelstützen genietet.

Als ein Trägersystem der neuesten Zeit erscheint die Kombination, in
welcher Schwedler die Vortheile des Parallelträgers und des Trägers mit ge-
krümmtem Oberrahmen in Bezug auf Einfachheit und Kostenersparniß ver-
einigt hat und wovon die schiefe, zweigeleisige Eisenbahnbrücke über die Weser
bei Corvey¹⁷⁵⁾ in der Altenbecken-Holzmindener Eisenbahn, siehe
Fig. 746 bis 753, mit vier Oeffnungen von 56,48 Mtr. (180' preuß.) Licht-
weite das erste ausgeführte Beispiel darbietet. Die zwei Geleise dieser Brücke,
deren Arc 70^0 mit dem Stromstrich bildet, werden von je zwei, 8,34 Mtr.
(26' 7" preuß.) voneinander entfernten Tragrippen mit 58,25 Mtr. (185,64'
preuß.) Abstand des Auflagers, 2,91 Mtr. (9,26' preuß.) von einander ent-
fernten Querträgern und zwischen dieselben eingeschalteten Längsträgern mit den
Querschwellen aufgenommen. Die unteren Gurtungen der Tragwände, sowie
die sechs mittleren Felder der oberen Gurtung sind horizontal, deren übrige
Felder dagegen nach einer Parabel gebildet, deren Arc und Scheitel in der Auf-
lagerfläche liegt. Die Querschnitte beider Gurtungen nehmen von der Mitte
nach den Enden hin ab und bestehen aus je sechzehn, durch Verbindungsplatten
zusammengefügten Winkleisen. Die Verbindung dieser Gurtungen ist durch
neunzehn Pfosten aus vollen, mit Winkleisen eingefassten, Blechplatten und
einseitigen, nur in den Mittelfeldern gekreuzten Diagonalbändern aus Flacheisen
im zweifachen System bewirkt. Die auf den unteren Gurtungen ruhenden Quer-
träger, von der Mitte nach ihren Auflagern hin verjüngt, sind Blechträger mit
I-förmigem Querschnitt und mit den Vertikalrippen durch Winkelbleche versteift,
während die Längsträger Parallelträger aus Eisenblech mit I-förmigem Quer-
schnitt sind, auf welchen je drei Querschwellen durch Winkelbänder mittels Bolzen
und Nieten befestigt sind. Die Auflagerungen der Tragrippen, an dem einen Ende
fest, an dem anderen beweglich, sind ähnlich wie bei der Brahebrücke angeordnet.

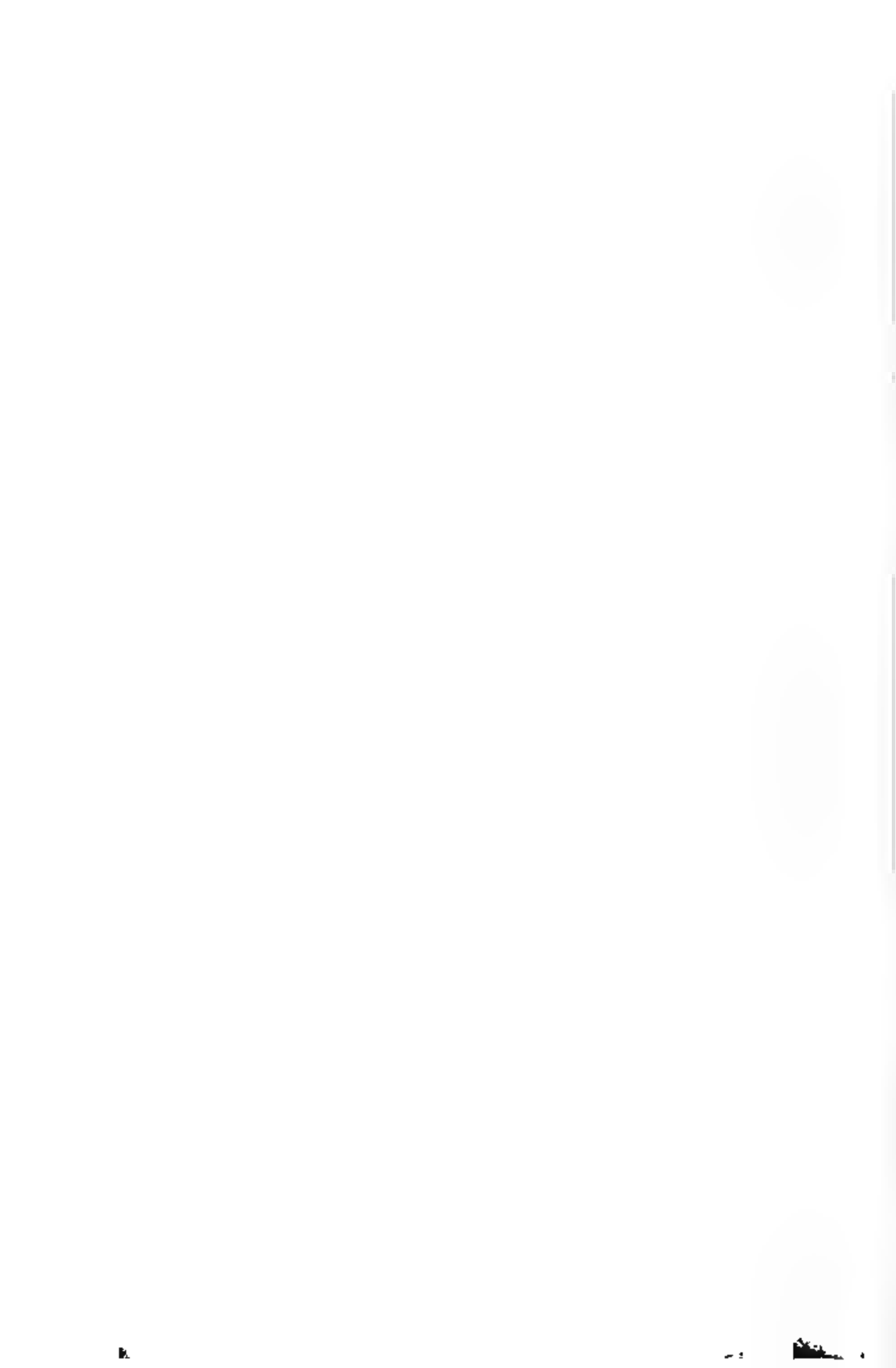
Der untere Horizontalverband besteht aus gekreuzten Flacheisen und ist in der Mitte der unteren Gurtung angebracht, während ein oberer wagrechter Kreuzverband mit seinen Querverbindungen nur in den mittleren zwölf Feldern durchgeführt erscheint.

Einige Verbesserungen in der Formbildung und Berechnung wurden bei dem zweiten Entwurfe nach diesem System zu den fünf großen Oeffnungen, von 63,39 Mtr. (202' preuß.) Spannweite, der zweigleisigen Brücke über die Elbe in der Berlin-Lehrter Eisenbahn¹⁷⁶⁾ bei Hämerten vorgenommen. Die Gurtungen der hierbei verwendeten Fachwerksträger sind ebenfalls am Ende zusammengeführt und die Krümmung der oberen so gewählt, daß die Diagonalen nur auf Zug angestrengt werden: eine Annahme, welche sich übrigens auch bei anderen, ästhetischen Rücksichten mehr entsprechenden Kurven, wie die Ellipse und Korblinie, verhältnißmäßig wenig ändert. Beide Geleise der Brücke werden durch Vermittelung von hölzernen Querschwellen, Schwellen- und Querträgern von zwei Hauptträgern unterstützt, deren obere Gurtungen so geformt sind, daß die Diagonalen bei den verschiedensten Belastungen stets nur auf Zug in Anspruch genommen werden. Dieselben bestehen aus je 16 Winkleisen, deren vertikale Schenkel sämtlich 13,1 Cmtr. (5" preuß.) lang sind, während die von Feld zu Feld erforderliche Aenderung des Querschnittes durch Variation der wagrechten Schenkel erreicht wird. Alle Winkleisen haben die Länge von zwei Feldern und sind in jedem Knotenpunkt zu je acht durchgehend, zu je acht über's Kreuz so gestoßen, daß die vollständige Deckung des Stoßes schon durch die, zwischen den Schenkeln liegenden, 1,3 Cmtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) starken Platten bewirkt wird. Die vertikalen Stoßplatten dienen in ihrer Verlängerung zugleich zum Anschluß der Vertikalen und Diagonalen. An den Eckpunkten sind beide Gurtungshälften durch horizontale Blechplatten vereinigt, während, zwischen jene Hälften eingeschaltete, vertikale und horizontale Vergitterungen aus unter 45° geneigten, 1,3 Cmtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) starken und 10,5 Cmtr. (4" preuß.) breiten Gitterstäben die Winkleisen untereinander verbinden. Mit Ausnahme der Vergitterungen haben die, gleichfalls aus 16 Winkleisen bestehenden, unteren Gurtungen ähnliche Zusammensetzung. In den Knotenpunkten liegen horizontale Verbindungsplatten, in jeder Theilung zwei vertikale und zwei horizontale Verbindungsbleche von je 15,7 Cmtr. (6" preuß.) Breite, die mit jedem Winkleisen durch zwei Niete verbunden sind. Die Vertikalen bestehen aus je vier Winkleisen von 7,8 Cmtr. (3" preuß.) Seite, 1,3 Cmtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) Stärke, welche sammt der, zwischen sie eingeschalteten Blechplatte von 1 Cmtr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) Stärke zugleich die Aussteifung der oberen Gurtung bewirkt. Die Diagonalen bestehen aus zwei Stäben von je 1,3 Cmtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) Stärke, während ihre Breite mit den verschiedenen Maximalansprüchen wechselt. Die 8,47 Mtr. (27' preuß.)

frei tragenden Querträger besitzen I-förmigen Querschnitt mit nach der Mitte zunehmender Höhe, welcher aus einer 1 Emtr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) starken Vertikalplatte, vier 1,35 Emtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) starken Winkleisen von 7,8 Emtr. (3" preuß.) Seite, einer oberen Deckplatte von 26,2 Emtr. (10" preuß.) Breite, 1,35 Emtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) Stärke und aus zwei unteren Deckplatten von derselben Breite und je 1 Emtr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) Stärke besteht. Die Verbindung mit den Vertikalen der Hauptträger ist durch Winkleisen von 7,8 Emtr. (3" preuß.) Seite und 1,35 Emtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) Stärke, die Aussteifung in den Ecken durch die Verbindung eben solcher Winkleisen mit einer 1 Emtr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) starken, dreieckigen Blechplatte bewirkt. Mittels Winkleisen von 6,5 Emtr. ($2\frac{1}{2}$ " preuß.) Seite, 1 Emtr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) Stärke sind an ihnen die aus je vier Winkleisen von 7,8 Emtr. (3" preuß.) Seite, 1 Emtr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) Stärke und Gitterwerk aus 1 Emtr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) starken Stäben nach dem System des gleichschenkeligen Dreiecks bestehenden Schwellenträger befestigt. Der untere Kreuzverband besteht aus einem doppelten System 1,35 Emtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) starker, am Auflager 15,6 Emtr. (6" preuß.) breiter und nach der Mitte bis auf 7,8 Emtr. (3" preuß.) abnehmender Stäbe, welche sich an die verbreiterten horizontalen Stoßplatten der unteren Gurtung anschließen. Der obere, zur Verbindung der mittleren hohen Vertikalen und Gurtungen dienende Kreuzverband wird dagegen aus 7,8 Emtr. (3" preuß.) breiten und 1,35 Emtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.) starken Stäben gebildet. Ueber den Auflagern sind die oberen Gurtungen nach einem Kreisbogen gekrümmt und durch 79,4 Emtr. (30,5" preuß.) hohe, 2,6 Emtr. (1" preuß.) starke Blechplatten an die untere Gurtung angeschlossen. Beide Enden ruhen auf cylindrischen Halbzapfen und am beweglichen Ende vermitteln zehn Pendel von 7,8 Emtr. (3" preuß.) Stärke bei 18,25 Emtr. (7" preuß.) Höhe die Verschiebung.

Die zweite ausgeführte Brücke dieser Art ist die zweigeleisige *Flutbrücke* über die *Oder* bei *Stettin*¹⁷⁷⁾ mit 25,42 Mtr. (81' preuß.) Spannweite und 4,39 Mtr. (14' preuß.) Pfeilhöhe, an welche sich die Brücken nach demselben System über die *Oder* und *Barnitz* bei *Stettin* anschließen.

Außer zu Eisenbahnbrücken hat das *Schwedler'sche* System bei der im Bau begriffenen, sogenannten *kurzen und langen Oderbrücke* in *Breslau*¹⁷⁸⁾, siehe Fig. 754 bis 761, auch Anwendung zu Straßenbrücken gefunden, welche an der Stelle der gleichnamigen hölzernen Brücken im Mittelpunkte der Stadt die auf beiden Ufern der *Oder* liegenden Stadttheile zu verbinden bestimmt sind und über die östliche Spitze des *Bürgerwerders*, einer Insel, welche den Strom in zwei Arme theilt, führen. Nach Mittheilungen des Erbauers wurde wegen der zwischen der Oberfläche der Fahrbahn und dem höchsten Wasserstande verbleibenden geringen Konstruktionshöhe von 0,94 Mtr. (3' preuß.) und der acht gleichen Spannweiten von je 23,85 Mtr. (76' preuß.), nach der Brücken-



Auf dem äußeren Theile der unteren Gurtung ruhen die in ähnlicher Weise befestigten Konsolen der Trottoirs. Zwischen die Querträger sind Querschnitt I-förmige Straßenbalken genietet, welche die gußeisernen mit dem Fahrbahnpflaster aufnehmen, während die vier, zwischen eingeschalteten, halb I-förmigen Straßenbalken die Granitplatten tragen. Die Windversteifung ist durch einen, zwischen die untere und die inneren Straßenbalken eingeschalteten Diagonalverband bewirkt.

Hierher gehört ferner die eingeleisige Brücke in der rechten Eisenbahn über die Oder in Breslau¹⁷⁹⁾ mit Oeffnungen von 28,2 preuß.) Spannweite zwischen den Pfeilern und 29,49 Mtr. (94' preuß.) zwischen den, auf den je 2,51 Mtr. (8' preuß.) starken Streben 1,25 Mtr. (4' preuß.) entfernten, Auflagerpunkten, deren Bau einem Fachwerkssystem mit an den Auflagern vereinigten Gurtungen einer Zugdiagonale in den Seitensachen gebildet sind. Auch die Diagonalen nur auf Zug in Anspruch genommen. Den Enden der Querträger entsprechend haben die sechs mittleren Fache der Baulänge von 3,77 Mtr. (12' preuß.), die zwei Endfache eine solche von 11' preuß.), während die vier gleich hohen, mittleren Fache je 3,77 Mtr. (12' preuß.) besitzen. Die Gurtungen derselben H-förmigen, aus zwei durchlaufenden Vertikalplatten, je vier zwischen abgesetzten wagrechten Verbindungsplatten, wozu bei der oberen Vermehrung der Seitensteifigkeit ein Gitterwerk tritt, gebildet. Die im Querschnitt I-förmigen Vertikalstäbe bestehen aus einer Stange und je vier, dieselbe säumenden Winkeleisen, während die, nur in den mittleren Feldern sich kreuzenden Diagonalen aus doppelten Flachstäben gestellt sind. Die nach ihrer Mitte erhöhten I-förmigen Querträger sind in Entfernungen von 1,73 Mtr. (5' 6" preuß.) je zwei niedere, im gleichfalls I-förmigen, in deren Mitte mit Querverbindungen Schwellenträger aufnehmen, bestehen zwischen den letzteren aus einem Gitterwerk und sind gegen die Vertikalplanken durch Winkel- und Flachstäbe abgesteift. Die Seitenversteifung ist durch eine Diagonalverbindung bewirkt, welche mittels winkelförmiger Lappen mit den unteren und mittels doppelter Lappen an ihren, mit den erwähnten Querverbindungen der Schwellenträger zusammenfallenden Kreuzungspunkten vernietet später auf der Außenseite einer Tragwand hinzugefügte Trottoirkonsolenartigen, mit Winkeleisen versteiften Vertikalplatten, wo die Winkeleisen gegen die Vertikalplanken genietet sind und je zwei, auf den Lappen ruhende Langschweller mit einem Querböhlenbelag leichtes eisernes Geländer aufnehmen.

5. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der schmiedeeisernen Balkenbrücken. Die ersten, durchweg schmiedeeisernen Balkenbrücken wurden in den Jahren 1846—1848 in England aus dem Grunde gebaut, um an die Stelle des bis dahin verwendeten Gußeisens oder Gußeisens in Verbindung mit Schmiedeisen ein, den nachtheiligen Veränderungen durch Verkehrsstöße und anderweitige Erschütterungen weniger unterworfenen, Material zu setzen. Fast gleichzeitig wurde das bei den Nortamerikanern übliche System der hölzernen Town'schen Lattenbrücken in Schmiedeisen nachgebildet, sowie der gußeiserne Kopf der bereits in kleinem Maßstabe ausgeführten, kastenförmigen Brücken auch in größerem Maßstabe aus Schmiedeisen hergestellt oder schmiedeeiserne Träger aus Eisenblech in doppelter T-Form gebaut. Beide Trägergattungen fanden Eingang in Frankreich, Belgien, Holland, Deutschland und der Schweiz und erfuhren, insbesondere durch die Verbindung der Praxis mit der Theorie, die Parallelbalken aus Eisenblech in Hannover, die Parallelbalken aus Gitterwerk in Preußen eine sorgfältige Entwicklung und Ausbildung. An die Stelle der Blechträger mit hohen Vertikalwänden traten infolge der Kenntniß, welche man sich durch Versuche und theoretische Untersuchungen von der unvortheilhaften Vertheilung des Materials in Bezug auf die, in ihren gleich starken Wandungen wirkenden ungleichen Zug- und Druckkräfte verschafft hatte, mehr und mehr die Gitterträger, während man die zusammengesetzten oder aus einem Stück gewalzten Blechträger von geringeren Höhen zu Brücken mit kleinen Spannweiten, sowie zu Quer- und Längsträgern fast überall beibehielt und gegenwärtig noch anwendet. Die Gitterträger, deren Wandungen man Anfangs aus gleich starken, in geringen gegenseitigen Abständen aufeinander gelegten oder selbst verflochtenen, unter sich vernieteten Flachschieben bildete und diese, ohne genügende Einsicht in die Kräfte, welche an der Vereinigungsstelle der Wandungen mit den Gurtungen bei eintretender Belastung thätig werden, nur mangelhaft mit den Gurtungen verband, zeigten infolge dessen eine nur geringe Seitensteifigkeit und unvortheilhafte Vertheilung und Annahme des Materials, besonders in den Gitterstäben. Die Gitterträger des ersten Stadiums mit engen Maschen und unter sich vernieteten flachen Gitterstäben wurden daher, vorzugsweise in Deutschland, nach und nach in Tragwände mit weiten Maschen und steif profilirten Stäben umgewandelt, welche letztere in diesem zweiten Stadium noch unter sich vernietet sind. Hierbei sind Anfangs theilweise sowohl die gezogenen als die gedrückten Stäbe steif profilirt, während dies später nur die gedrückten, die gezogenen Stäbe dagegen flach sind. In dem dritten und gegenwärtigen Entwicklungsstadium erfolgte die Ausbildung des reinen Fachwerks, dessen Stäbe ohne jedwede Verbindung an ihren Kreuzungsstellen die an ihrem einen Ende angreifenden Kräfte in gerader Linie und ohne scherenden, durch ihre Ver-

nietung entstehenden Kräften ausgesetzt zu sein, auf das andere Ende übertragen. Den gedrückten, bei größerer Länge auch dem Zerknicken ausgesetzten Stäben hat man hierbei aus statischen Gründen meistens die vertikale, den gezogenen Stäben aus denselben Gründen die geneigte Lage angewiesen und in dieser Gestalt erscheint der Parallelträger als eine theoretisch vollkommen klar begriffene, ökonomisch völlig durchgebildete Konstruktion, vermöge welcher, besonders bei kleineren Spannweiten, das einfache System, wie an der Brücke über den Alten Rhein bei Griethausen, und vorzugweise bei größeren Spannweiten das mehrfache System, wie an der Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mannheim, ausgeführt wird. Der Parallelträger mit dem System des gleichschenkligen oder gleichseitigen Dreiecks, der mit dem Vortheil des gefälligen symmetrischen Aussehens den Nachtheil der relativ vermehrten Länge der gedrückten Stäbe verbindet, erscheint in England, Frankreich, Belgien, Holland, Deutschland und besonders in Oesterreich im einfachen, in Preußen dagegen, wie bei der Eisenbahnbrücke über die Lahn bei Oberlahnstein, auch im zweifachen System ausgebildet.

Die schmiedeisernen Balkenträger mit gekrümmten Gurtungen sind zuerst in Deutschland, und zwar nach dem Laves'schen System, ausgeführt worden, worauf die Balkenträger mit einem (den sog. bow-strings) oder mit zwei gekrümmten Rahmen in England durch Brunel zur Ausführung kamen.

Die Balkenträger mit gekrümmten, zu einer horizontalen Axe symmetrischen Gurtungen haben im v. Pauli'schen System eine hohe konstruktive Ausbildung erfahren, dagegen bleibt es der Zukunft vorbehalten, den Träger mit sich durchschneidenden Gurtungen oder den sogenannten kontinuierlichen Pauli'schen Träger in die Praxis einzuführen und zu bewähren. Unter den unsymmetrischen Konstruktionen dieser Gattung sind die mit parabolisch-polygonaler, nach oben konvexer Druck- und wagrechter Zug-Gurtung, wol wegen der bei gleicher Höhenlage der Verkehrsbahn verbleibenden größeren lichten Höhe der Brückenöffnung, die häufigsten, während diejenigen mit wagrechter Druck- und nach unten konvexer Zug-Gurtung bei überflüssiger lichter Höhe der Brückenöffnung wenigstens als die ökonomisch vortheilhafteren erscheinen. Obwol diese letzteren Konstruktionen fast stets mit sich schneidenden Rahmen ausgeführt wurden und werden, geben die in Holland in Ausführung begriffenen großen Brücken über die Waal und den Lek doch auch Beispiele von solchen Brückenträgern mit sich nicht durchschneidenden Rahmen, wovon der obere stetig gekrümmt, der untere gerade ist.

Die Gegenwart ist indeß bei diesen homogenen Formen der v. Pauli'schen Trägerkurve oder der Parabel nicht stehen geblieben. Als bereits in die Praxis übergegangene Zwischengattungen des Trägers mit parallelen und desjenigen mit gekrümmten Rahmen finden gegenwärtig Systeme Anwendung, welche,

wie der Schwedler'sche Träger, die Vorzüge beider Trägergattungen zu verbinden bestimmt sind.

Das Material der eisernen Balkenträger, in den Stadien ihrer Entwicklung, worin man die Vertheilung der Zug- und Druckkräfte erkannt hatte, vielfach aus Schmiedeeisen für die gezogenen und aus Gußeisen für die gedrückten Theile bestehend, bildet, infolge der relativ nachtheiligen Einwirkungen von Verkehrsstößen auf das Gußeisen, in der Gegenwart, mit Ausnahme der Vereinigten Staaten, fast durchweg das Schmiedeeisen. Als eine wichtige, immer allgemeiner werdende Vorsichtsmaßregel vor Aufstellung eiserner Brücken erscheint die Prüfung sämmtlicher zu verwendenden Eisentheile, sowie die Anordnung von geeigneten Schutzmitteln gegen das Rosten. So unvollkommen auch die verschiedenen Methoden der Eisenkonservirung gegenwärtig noch sind, so gebietet doch die bekannte Erfahrung, daß Eisenbleche, einmal angerostet, selbst wenn sie mittels Drahtbürsten gereinigt und dann angestrichen werden, von dem Rost allmähig „durchfressen“ werden, um so mehr die Anordnung und Vervollkommnung dieser Schutzmittel, als die eisernen Brückenträger in der Gegenwart, der Theorie entsprechend, so leicht gebaut werden, daß ein geringer Abgang des dazu verwendeten Materials durch Rosten schon die erforderliche Sicherheit beeinträchtigt, aber einmal eingeleitet, in kürzerer oder längerer Zeit den Bestand der Konstruktion gefährden muß. Die Erfahrungen, welche man hinsichtlich des Fortschreitens der Oxydation an der Britanniabrücke und anderen Brücken zu machen fortfährt, rechtfertigen die früher beschriebene vorsichtige Behandlung, welche z. B. von der Eisenbauanstalt von Klett & Comp. bei Herstellung der eisernen Träger zur Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz beobachtet wurde.

III. Die schmiedeeisernen Stükbrücken.

1. Allgemeines. Die schmiedeeisernen Bogenbrücken entstanden, das einzelne Beispiel des im Jahre 1808 von Bruchère erbauten, sogleich zu betrachtenden Brückchens über den Gron bei St. Denis abgerechnet, trotz der Vorbilder, welche ihnen durch die steinernen, hölzernen und gußeisernen Bogenbrücken gegeben waren, nach und aus den schmiedeeisernen Balkenträgern mit gekrümmten Rahmen. In größerem Maßstabe wurden sie wahrscheinlich zuerst in der Schweiz vorgeschlagen, wo die Felswände zu überbrückender Gebirgsschluchten mehr wie anderwärts natürliche Widerlager für Brückenträger, die einen Seitendruck ausübten, darboten, mithin die Herstellung eines, den letzteren aufhebenden, Konstruktionstheiles unnöthig machten und daher die Kosten verringerten. Die erste, fertig ausgeführte schmiedeeiserne Blechbogenbrücke ist die Arcolebrücke in Paris. Zur Wahl des Schmiedeeisens statt des

Eisen oder des Steins zur Bogenkonstruktion veranlaßte einerseits die Kenntniß, welche man bereits von seiner bedeutenden rückwirkenden Festigkeit, geringen Formveränderungsfähigkeit und relativ großen Beständigkeit bei Erschütterungen hatte, andererseits die Leichtigkeit, womit sich Eisenblech durch Nietung verbinden und ein Brückenträger aus einzelnen Theilen zusammensetzen und aufschlagen ließ.

2. Die schmiedeeisernen Bogenbrücken Frankreichs. Die erste schmiedeeiserne Bogenbrücke scheint die im Jahre 1808 durch Bruyère ausgeführte kleine Brücke für Fußgänger und Leinpfers über den Crou bei St. Denis¹⁸⁰⁾, s. Fig. 762 und 763, von 12 Mtr. Spannweite und 1 Mtr. Pfeilhöhe zu sein, deren drei Träger aus je zwei übereinander liegenden konzentrischen, durch Radialspalten und Kreuze unter sich verbundenen Bogen und je einer wagrechten Schiene bestanden.

Fig. 762.

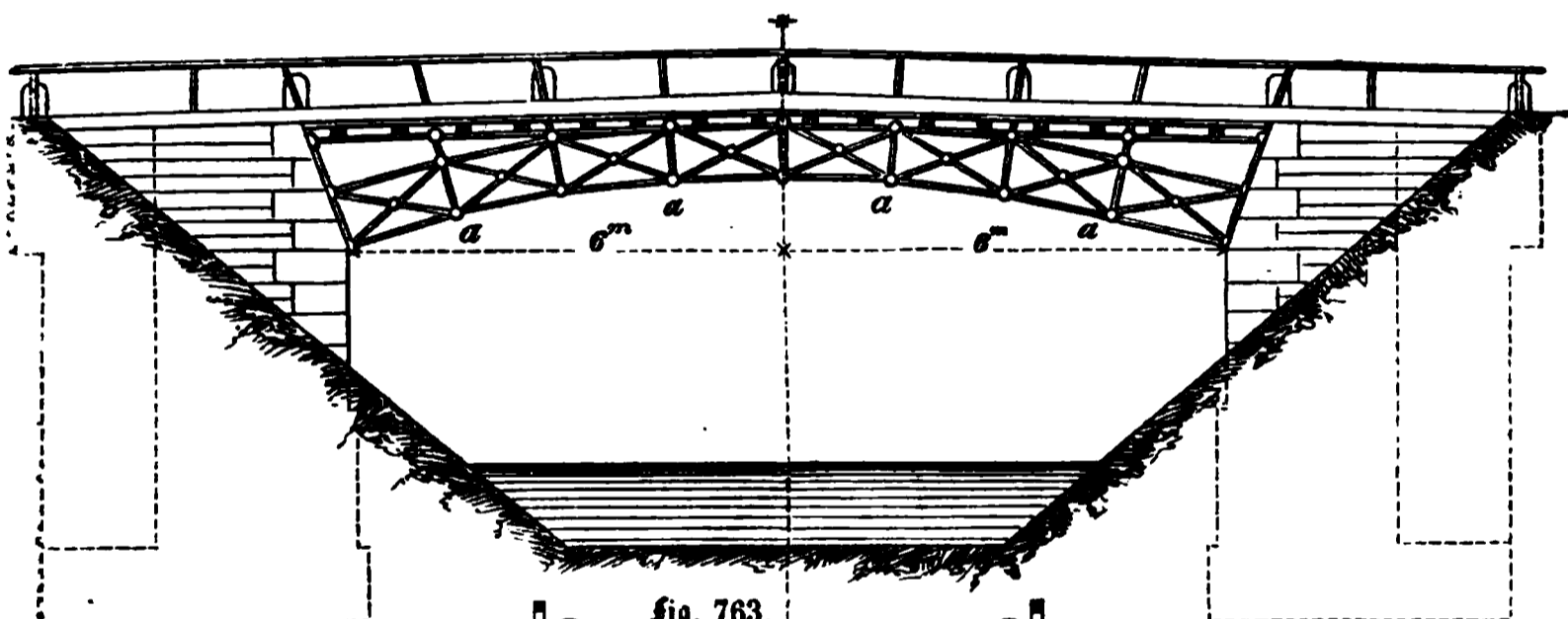


Fig. 763.

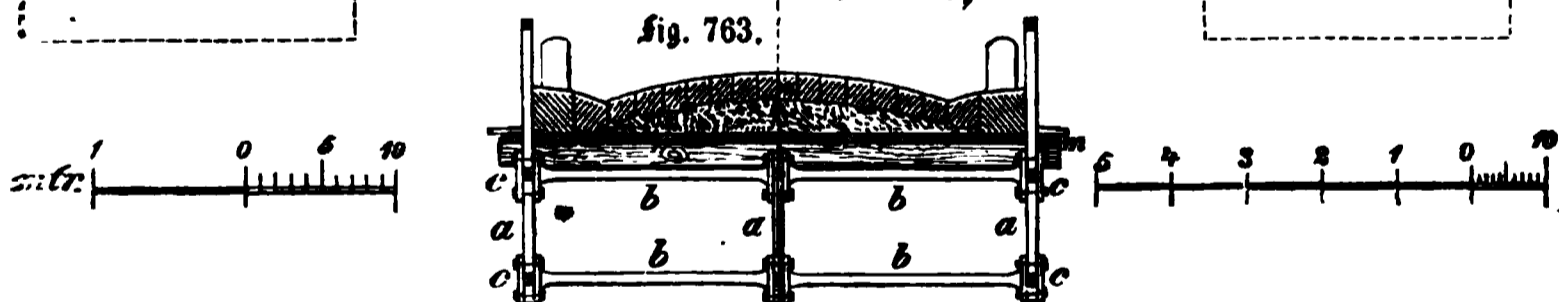


Fig. 762 und 763. Brücke über den Crou bei St. Denis.

Die Radialspalten dieser Tragrippen setzten sich nicht nur bis zu diesen wagrechten Schienen, mit welchen sie verbunden waren, sondern bis zu den Geländerholmen fort, um zugleich als Geländerpfosten zu dienen. Sie wurden zur Verbindung mit den Bogenstücken und Diagonalversteifungen an den Punkten, wo sie mit diesen zusammenstoßen, zu kreisförmigen Scheiben von der Hälfte ihrer eigenen Stärke verbreitert, an welche sowohl die Bogenstücke als die Diagonalstäbe mittels entsprechender viertelkreisförmiger Scheiben, gleich-

falls von der halben Eisenstärke der Radialsprossen, und je vier Bolzen bedurch dieselben Bolzen sind die eisernen Querverbindungen ebenfalls zu kreisförmigen Platten erweiterter, Enden und besonderer außerhalb der Stirnrippen angebrachter Platten an jenen Knotenpunkten Tragrippen verbunden. Ueber den erwähnten wagrechten durchgehende Querschwellen mit einem Belage von Längsbohlen, auf der Fahrbahn und die steinernen Trottoirs aufnimmt.

Bestand dieser Brücke veranlaßte ihren Erbauer im Jahre 1810 den Entwurf einer schmiedeeisernen Bogenbrücke über die Seine, Invalidenhôtels zu Paris, von 130 Mtr. Spannweite und Konstruktion, deren Tragrippen durch Queranker und Windkreuze verbunden sollten. Die bereits durch ein Dekret angeordnete Ausweisung nur für Fußvoll bestimmten Brücke unterblieb indeß und mit flüchtige Anwendung des Schmiedeeisens zu bogenförmigen Stützen die Mitte der 50er Jahre.

Jahren 1854 bis 1855, wo man bereits mit den Eigenschaften eisenzeitungsweise des Walzeisens bekannt war, erbaute Durdry an unbrauchbar gewordenen Kettenbrücke zunächst des Stadthauses in dem Arm der Seine die kühne Arcolebrücke¹⁸¹⁾, jetzt Brücke, pont de l'hôtel de ville, genannt, s. Fig. 764 einen Bogen von 80 Mtr. Spannweite bei nur 6,12 Mtr. Eisenblech. Die 20 Mtr. breite Brückenbahn wird durch zehn, einander entfernte mittlere und durch zwei, $3\frac{1}{2}$ Mtr. von den Rippen entfernte Stirnrippen getragen und besteht aus unmittelbar auf die Längsbalken der Träger genieteten und sogenannten Barlowschienen, worauf die makadamisirte Fahrsphaltnirten Fußwege ruhen. Ornamentirte Gußplatten bilden die Abdeckung der letzteren und tragen zugleich das reich verzierte, gußeiserne Gerüst. Jede der Tragrippen besteht aus einem schmiedeeisernen, im Bogenförmigen Bogen von 1,4 Mtr. Anlauf- und 0,38 Mtr. Höhe, einem oberen wagrechten, im Querschnitt T-förmigen schmiedeeisernen Stange und einer, beide verbindenden, steifen Füllung von schmiedeeisernen in den Bogenschenkeln und Blechplatten im Scheitel. Jeder Bogen ist an den beiden Landpfeilern mittels zweier durchgehender, von den Landpfeilern gehaltener Rückhaltplatte nebst einem Vorsteckteil gehaltener Schienen durch je drei, in das Pfeilermauerwerk versenkte Vertikalankerbolzen verbunden. Die Bogen stützen sich gegen gußeiserne Widerlagsschienen zwischen eingeschaltete Regulirungskeile und sind an diesen ihren stärksten schmiedeeisernen Winkel verstärkt. Die Stäbe der Füllung sind wie die Figuren 774 und 775 zeigen, im Querschnitt theils aus

Fig. 764 bis 775. Stadhousbrücke über die Seine in Paris.

Der niedrige Scheitel dieser Brücke war von ihrem Erbauer worden, um den nachtheiligen Einfluß der Temperatur durch Ausbogens an der Oberkante und Zusammendrückung desselben an der möglichst vorzubeugen, wodurch im Scheitel dieser Brücke eine geringe Biegung entstand. Obwohl die Ergebnisse der im Oktober 1882 angestellten Belastungsproben zufriedenstellend waren, so sollen folgende der eingetretenen vermehrten Schwankungen Pläne zu deren Verändern oder zu deren Umbau in Erwägung sein.

Um die erwähnten Mängel zu beseitigen, eine bessere Verankerung der Kräfte zu bewirken und den Bogenträgern an ihren Eintrittenden Längenveränderungen durch Temperaturwechsel eine Freiheit zu verschaffen, brachten die Ingenieure Couche und Salle bei der in dem Verkehr übergebenen schmiedeeisernen Eisenbahnbrücke über St. Denis¹⁸², in der Linie Paris-Orléans, s. Fig. 777 bei 45,162 Mtr. Spannweite und 4,708 Mtr. Pfeilhöhe, an den Enden Zapfen an, um welche sich die bogenförmigen Untertrassen konnten. Sie dachten bereits an eine dritte bewegliche Brückenhälfte im Scheitel, um eine ganz freie Bewegung derselben zu ermöglichen, mußten dieselbe jedoch wegen mangelnder Konstruktionshöhe aufgeben. Die genannte Brücke übersetzt den Rana unter einem Winkel von $30^{\circ} 29'$ der Brücken- oder Eisenbahnaxe und besteht aus zwei verschiedenen, zweigleisigen Brücken mit zusammengefügten Widerlagern, wovon die eine, ältere mit gußeisernen Röhrenbogen Polonceau'schen System überbrückt, die andere, neuere mit vier schmiedeeisernen Bogentrippen auf Drehzapfen an ihren Stützpunkten versehen ist. Die Bogentrippen bestehen aus einem bogenförmigen unteren und einem geraden oberen Rahmen, welche durch je vierzehn Vertikalstände Diagonalbänder untereinander verbunden werden. Der bogenförmige Rahmen besteht aus einer Stehrippe mit vier seitlich aufgenieteten Bänder, der wagrechte Oberrahmen aus einem schmiedeeisernen Bande mit nach dem Bogenscheitel hin in T-Form übergehenden Querschnitt, und Diagonalen aus im Querschnitt kreuzförmigen, aus Platten zusammengefügten Schienen, welche mit den an den Knotenpunkten tretenden Stehrippen der Rahmen vernietet sind. Die bogenförmigen Rahmen endigen in eine, mit der dem Drehzapfen entsprechenden Ebene, durch flachförmige Eisenplatten an den Seiten verstärkt, stützen sich gegen den, in einem gußeisernen, in die Widerlagereisen lassenen Widerlagsstuhl auf Keilen ruhenden halbcylindrischen Rollen, deren die Aufstellung der Tragrippen regulirt wurde. Die aus in T-förmigen Stäben gebildeten Seitenversteifungen der vier Tragrippen

in drei Systemen von Querstäben und dazwischen eingeschalteten Diagonalkreuzen ober- und unterhalb der bogenförmigen Unterrahmen, sowie in der halben Höhe der geraden Oberrahmen. Ueber den letzteren liegen die Querschwellen, welche die vier Längschwellen mit den Fahrschienen, eine Saumschwelle mit schmiedeisernem Geländer und einen Längsbohlenbelag mit Beschotterung aufnehmen. Die theoretische Behandlung der mit Charnieren versehenen Bogenbrücken, bei welchen die Charniere als fest bestimmte Durchgangspunkte aller Resultanten der angreifenden Kräfte und somit als die Mittel angesehen werden, eine der genauen statischen Berechnung entsprechende Ausführung der Bogenbrücken zu ermöglichen, findet sich im Jahrgang 1860 der »Annales des ponts et chaussées«, worin bereits die Anordnung eines Scheitelcharnieres berücksichtigt und empfohlen wird.

Die Anwendung zweier Charniere an den Bogenanfängen und eines dritten Charnieres im Scheitel der Bogen erfolgte denn auch bei der, im Jahre 1867 vollendeten Brücke zur Führung der Militärstraße über den Kanal St. Denis bei Billeterie¹⁸³⁾, sowie bei einer, im Jahre 1867 aufgestellten Wegbrücke in der neubauten öffentlichen Anlage Butte Chaumont bei Paris.

Die Charnierbrücke über den Kanal St. Denis hat 42 Mtr. Spannweite und ist den örtlichen Verhältnissen entsprechend etwas schräg angelegt. Ihre Fahrbahn besteht aus einer 30 Cmtr. starken Beschotterung mit einem 2 Cmtr. starken Asphaltüberzug und wird von Bogen getragen, deren Höhe im Scheitel nur 32 Cmtr. beträgt. Die Aufstellung dieser Brücke wurde ohne Lehrgerüste und, ohne die Schifffahrt auf dem Kanal zu stören, derart bewirkt, daß man nach der Versetzung der gußeisernen, mit den Drehzapfen versehenen Widerlagsplatten die zusammengehörigen Bogenhälften mit Hebezeugen aufzog, zuerst mit ihren Zapfenlagern auf jene Zapfen niederließ, sodann mit ihren Scheiteln gegeneinander neigte, mittels Einschaltung des Scheitelbolzens zum Schluß brachte und endlich mittels der an den Bogenanfängen untergelegten Keile regulirte. In der angezogenen Quelle wird weiter angegeben, daß sie nach ihrer Vollendung den Eindruck großer Leichtigkeit mache und allen bei den vorgeschriebenen Proben an sie gestellten Anforderungen vollkommen genügt habe.

3. Die schmiedeisernen Bogenbrücken der Schweiz. Bei Herstellung der St. Gallischen Eisenbahn, welche bei St. Gallen die Schlucht der Sitter überschreitet, wurde bereits im Herbst 1853 von Stehlin ein Projekt¹⁸⁴⁾ zur Herstellung einer Sitterbrücke an der bezeichneten Stelle vorgelegt, welches auf der Anwendung von drei schmiedeisernen Bogen zu 147 Mtr. (490' schw.) Spannweite beruhte, die sich auf natürliche, in den Felsen eingehauene Widerlager stützen sollten. Diese Bogen waren als unter sich verbundene, durch

Nietung aus Eisenblechen zusammengesetzte Röhren gedacht, die in horizontalen Entfernungen von 3 Mtr. (40' schw.) auf sie genietete schmiedeeiserne, sowol nach der Länge als nach der Breite unter einander zu verbindende, Säulen aufnehmen sollten. Auf diese Säulen wollte man 12 Mtr. (40' schw.) lange Gitter legen, welche die aus Eisenblech bestehenden Querträger sammt den, mittels gußeiserner Schienenstühle auf ihnen ruhenden, aus je zwei mit den Basen gegen einander genieteten, breitbasigen Schienen zusammengesetzten Doppelschienen tragen sollten.

Fig. 786.

Obwol das Projekt damals nicht angenommen und jener Gitterübergang mittels der, auf Seite 282 mitgetheilten, auf gußeisernen Pfeilern ruhenden Gitterbrücke bewirkt wurde, so gelangte doch mehrere Monate darauf und trotz mangelnder natürlicher Widerlager das System schmiedeeiserner Bogen bei dem Uebergang der schweizerischen Centralbahn über die Aar bei Olten¹⁸⁵⁾, s. Fig. 786 bis 793, mit drei Bogen von je 31,5 Mtr. (105' schw.) durch Engel zur Ausführung. Die zwei Geleise dieser Brücke sammt

Fig. 787.

Fig. 788.

dem Längsbohlenbelag ruhen auf durchgehenden Querschwellen und diese auf fünf, 1,8 Mtr. (6' schw.) von einander entfernten, nicht direkt unter den Fahr-
schienen angebrachten Bogenträgern, deren aus Eisenblechplatten mit I-förmigen
Querschnitten zusammengesetzter, in der Mitte verbundener, horizontaler und
bogenförmiger Rahmen durch 1,5 Mtr. (5' schw.) von einander entfernte,
schmiedeeiserne, aus Winkleisen zusammengesetzte, im Querschnitt kreuzförmige
Vertikalständer unter einander verbunden sind. Diese letzteren sind in ihren
Mitten durch eine gebogene, zwischen dem gekrümmten und geraden wagrechten
Rahmen angebrachte Flachschiene unter einander versteift. Nach der Breite
der Brücke sind jene Rahmen durch radial und bzw. vertikal gestellte, im Quer-
schnitt I-förmige Querbalken aus Eisenblech und deren Vertikalständer durch
Diagonalverbindungen und durch deren Kreuzungspunkt gehende horizontale
Queranker, beide aus Flachschienen, unter einander vereinigt. Die bogenförmigen
Rahmen stemmen sich gegen gußeiserne, mit den Widerlagern fest ver-
bolzte Schuhe, wodurch zugleich eine untere, seitliche Versteifung bewirkt ist.
Eine zweite seitliche Versteifung befindet sich unter den Querverbindungen der
geraden wagrechten Rahmen und besteht in Diagonalverspannungen aus Flach-
schienen. Ein mit den Stirnträgern durch gußeiserne Zwischenstücke verbun-
denes Geländer aus schmiedeeisernem Gitterwerk begrenzt die Bankette.

4. Die schmiedeeisernen Bogenbrücken Deutschlands und Oesterreichs. In
den Jahren 1857 bis 1858 wurde in Oesterreich durch Cefanne die erste
Blechbogenbrücke über die Theiß¹⁸⁶⁾ in der Linie Wien-Szegedin, s.
Fig. 794 bis 808, mit acht Ueberbrückungen von 42,34 Mtr. (134' österr.)
Spannweite mit $\frac{1}{8}$ Pfeilhöhe nach dem Vorbilde der Maubeugebrücke in Frank-
reich ausgeführt, welche auf sieben eisernen Röhrenpfeilern und zwei massiven
Landpfeilern ruhen, wovon der in der Richtung nach Szegedin, auf dem rechten
Theißufer, gelegene sich an einen massiv ausgeführten Viadukt von sieben Bogen
anschließt. Jede Bogenöffnung enthält vier Tragrippen, deren jede aus einer
unteren parabolischen Gurtung, einer den Scheitel des Parabelbogens tangirenden,
wagrechten oberen Gurtung und einer durch sechzehn Vertikalständer und
vierzehn Diagonalbänder gebildeten Verbindung beider besteht. Alle diese
Konstruktionstheile haben einen I-förmigen, aus Vertikalplatten und Winkel-
eisen zusammengesetzten Querschnitt und sind an ihren Verbindungsstellen durch
ausgerundete Dreiecksbleche versteift, die Seitenversteifung der Tragrippen
erfolgt durch Querverbindungen in den neutralen Axen der beiden Gurtungen
und in den lothrechten Verbindungsebenen der Vertikalständer, wovon die
letzteren in drei Vertikalebene zu beiden Seiten des Bogenscheitels so vertheilt
sind, daß in der Ebene des zweiten Vertikalständers zwei, aus zwei gegeneinander
genieteten T-Eisen gebildete Andreaskreuze über einander angeordnet sind, in der

Ebene des fünften und achten Vertikalständers nur je ein solches Kreuz angebracht ist. Die Fahrbahn besteht aus Querschwellen, welche auf den oberen Gurtungen der Tragrippen ruhen und die beiden Geleise sowie den Bohlenbelag mit dem schmiedeisernen Geländer aufnehmen. Die Bogenenden sind durch eine Eisenplatte verstärkt, welche sich durch Vermittlung eiserner Untersätze gegen die in den Kämpfern der Widerlager ruhenden Schuhe stemmen, und können an den Landpfeilern durch vier Paar, zwischen den Bogenfuß und Bogenschuh eingesetzter, Stahlkeile regulirt werden. Die oberen Gurtungsbänder stoßen über den Strompfeilern zusammen, sind daselbst mit diesen, sowie untereinander verbunden und ruhen über den Landpfeilern in wagrechten, gußeisernen Schuhen. In der Absicht, den Seitenschub der Bogen aufzuheben, sind die so verbundenen Gurtungsbänder durch je einen Querbolzen, je zwei daran befestigte, am anderen Ende in Gewinde auslaufende Zugstangen und eine in den Landpfeiler eingelassene Widerlagsplatte mit dem letzteren verankert worden. Aus demselben Grunde wurden die pneumatisch versenkten, mit Béton gefüllten, gußeisernen Röhren von 3,16 Mtr. (10' österr.) Durchmesser, wovon je zwei einen Strompfeiler bilden, am Flußbett von innen durch eine, von einem Pfahlbau umschlossene Béton- und Steinschüttung, von außen durch einen Steinwurf gleichsam eingespannt. Die einzelnen Theile der Tragrippen, deren Eisenbleche in Wales hergestellt und in Paris mit Hülfe von Nietmaschinen verarbeitet, montirt und dann zum Zweck des Eisenbahntransportes in Stücke von passender Größe zerlegt worden waren, wurden in Szegedin wieder zusammengesügt und ohne Leerbogen von einer mit Geleisen versehenen Interimsbrücke aus mittels eiserner, durch vier verstellbare Axen nach zwei zu einander rechtwinkligen Richtungen verschiebbarer Wagen und auf jener Brücke aufgestellter Hebezeuge versetzt. Bei den Versuchen wurde die Brücke gleichmäßig mit 10,000 Kg. auf den lfd. Mtr. belastet, wobei sich, so lange die obere Gurtung mit den Widerlagern noch nicht verankert war, Durchbiegungen von durchschnittlich 1,2 Cmtr. für die beiden mittleren und 1,6 Cmtr. für die beiden äußeren Bogen jeder Oeffnung ergaben. Als man den für die Stabilität der Pfeiler ungünstigsten Fall ausführte und den Ueberbau jeder einzelnen Oeffnung mit der angegebenen Probelastung beschwerte, bogen alle Pfeiler in der Kämpferhöhe der belasteten Oeffnung seitwärts um so stärker aus, je näher sie derselben standen. So bogen die beiden zunächst stehenden Pfeiler um 0,4 Cmtr. aus, während die dieser vermehrten Spannweite entsprechende Durchbiegung im Scheitel der belasteten Ueberbrückung bis 2,9 Cmtr. betrug. Nachdem die obere Gurtung mit den Widerlagern verankert war, zog sich dieselbe bei einer Temperatur von -10° so zusammen, daß die Landpfeiler ihrer Bewegung folgten und sich zwischen dem Mauerwerk des rechten Widerlagspfeilers und des Viadukts eine schwache Spalte zeigte, welche sich Morgens

je zwei besondere, auf die letztere genietete Eiseisen und an die obere Gurtung dadurch bewirkt, daß die vertikalen Schenkel ihrer untern Eiseisen nach abwärts gekehrt sind. Zur Versteifung der Bogenträger unter sich dienen im Querschnitt gleichfalls T-förmige, in Abständen von etwa 2,51 Mtr. (8' preuß.) angebrachte Stäbe, die zwischen den unteren Gurtungen paarweise übereinander gelegt und an die horizontalen Platten angeschlossen, über den oberen Gurtungen kreuzweise angeordnet und mit den horizontalen Schenkeln der oberen Eiseisen vernietet sind. Die aus 26,2 Cmt. (10" preuß.) hohen und breiten eichenen Querschwellen, welche die beiden äußeren Bogenträger um 2,36 Mtr. (3' 9" preuß.) überragen, und einem Bohlenbelag gebildete Brückenbahn nimmt die beiden Fahrgeleise sowie zwei Saumschwellen auf, welche die mit ihnen verholzten Geländer tragen. Die Ueberbrückung der Frankgasse wurde einer Probebelastung von 25 Z. Ctr. auf den laufenden Fuß eines Geleises unterworfen, wobei die Last von einem Ende bis zum andern allmählig vorgeschoben wurde. Bei der vollen Belastung ergab sich eine größte Senkung des Scheitels von 5,9 Cmt. ($2\frac{1}{4}$ " preuß.). Das Gewicht der Eisenkonstruktion beträgt nahe 626 Ctr. Schmied- und 25 Ctr. Gußeisen bei der Frankgassen- und nahe 505 Ctr. Schmied- und 23,4 Ctr. Gußeisen bei der Lupusplatz-Brücke. Beide Konstruktionen sind von Harkort zu Harkorten zu 88 Thlr. für 10 Ctr. Schmiedeisen und zu 45 Thlr. für 10 Ctr. Gußeisen vom 18. Mai bis 1. Oktober 1859 ausgeführt und aufgestellt worden.

Die Breite der erwähnten, im Jahre 1863 erbauten Straßenbrücke über die Lahn

Fig. 609 bis 611. Brücke über die Lahn in Ems.

Horizontalverstreben bewirkt. Zur Vermeidung schädlicher Materialspannungen bei eintretenden Temperaturveränderungen und um dem Bogen die Möglichkeit der Hebung und Senkung, jedoch kein seitliches Ausbiegen zu gestatten, wurde der Bogenquerschnitt im Scheitel auf 0,3 Mtr. (1' bad.) ermäßigt. Als Unterlage der Fahrbahn wurden quer über sämtliche Bogenrippen Brückschienen dicht neben einander gelegt und mit jeder Bogenrippe vernietet. Die Rinnen zwischen den Schienenköpfen sind mit Backsteinen ausgemauert und auf die so gebildete Fläche eine Betonschicht gelegt, in welche vor deren Abbinden eine Lage Schottersteine, deren Zwischenräume mit Sand ausgefüllt waren, eingewalzt wurde. Die so hergestellte Fläche bot sogleich eine feste, ebene Fläche und hat sich nach mehrjährigem Gebrauch gut bewährt. Die Trottoirs liegen etwas erhöht und sind mit sauber geschliffenen, 0,09 □ Mtr. (1 □' bad.) großen, diagonal gelegten, weißen und rothen Sandsteinplatten abgedeckt. Das Gewicht einer so konstruirten Fahrbahn hält der Erbauer zwar selbst für bedeutend, bezeichnet aber das hierdurch erzielte Verhältniß zwischen dem nöthigen und nützlichen Eigengewicht und der zufälligen Belastung als ein günstiges, weshalb eiserne Bogenkonstruktionen vorzugsweise für Straßenbrücken zu empfehlen seien, während sie für

Eisenbahnbrücken, deren zufällige Belastung, wenigstens bei kleinen Spannweiten, größer als das Eigengewicht sei, deshalb weniger taugten, weil die erstere bei unsymmetrischer Belastung z. B. des Halbbogens einen sehr ungünstigen Einfluß auf die Konstruktion äußere.

Zur Herstellung des gesamten Oberbaues wurden zu allen vierzehn Bogenrippen, einschließlich ihrer Horizontalverstrebung, 2330,79 Z. Str. Walzeisen, zur Unterstützung der Fahrbahn 1264,97 Z. Str. Brückschienen verwendet und betrugen die gesamten Herstellungskosten der Brücke rund 46,000 Thlr.

Fig. 826. Die vier Blechbogenträger der in Fig. 824 und 825 dargestellten Rheinbrücke bei Konstanz hängen über alle drei Oeffnungen zusammen und überführen zwei Bahngleise von je 3,9 Mtr. Breite und eine 5,85 Mtr. breite Straßenfahrbahn, welche innerhalb liegt, sowie zwei Trottoirs von je 2,1 Mtr. Breite, welche außerhalb liegen.

Fig. 827. Die Blechbogen sind fast ganz geschlossen und besitzen nur in den Bogenwickeln kleine dreieckige, durch gitterartige Füllungen verzierte Durchbrechungen. Die oberen Gurtungen der Blechträger werden von hölzernen Querschwellen durchseht, welche sowohl die Langschwellen der Gleise mit den Fahrschienen, als die Streckbäume der Straßenfahrbahn mit dem Bohlenbelag aufnehmen.

Die zwei Blechbogenträger der, in den Figuren 826 und 827 darge-

stellten, Schluchtbrücke bestehen aus einer geraden oberen und einer gekrümmten unteren Gurting, welche sich im Scheitel berühren und in den Bogenzwickeln mittels im Querschnitt U-förmiger, im Kreuzungspunkt durch dazwischen gelegte Scheiben verbundener Gitterstäbe miteinander vereinigt sind. Ueber den Bogen, welche durch Querbänder und Diagonalkreuze unter sich versteift wurden, liegen Querschwellen, welche die Fahrgeleise aufnehmen.

Das erwähnte mißliche Verhalten der schmiedeeisernen Bogen bei Temperaturveränderungen, welches theils in dem Heben und Senken des Bogenscheitels, theils in dem Wechsel des Stützpunktes an den Bogenanfängen besteht, veranlaßte im Jahre 1860 und 1861 den durch theoretische Abhandlungen begründeten Vorschlag Röpke's¹⁸⁹⁾, zur Vermeidung von schädlichen, in den schmiedeeisernen Bogen durch Belastung und Temperaturwechsel hervorgerufenen Spannungen zwei, in sich steif konstruirte Brückenhälften nur in einem Punkte mittels eines Gelenkes zu verbinden, während sie an den Auflagern ebenfalls um Gelenke drehbar sein sollten; ein Vorschlag, den Schwedler¹⁹⁰⁾ im Jahre 1861 unter gewissen Modifikationen der Versteifungsweise gleichfalls theoretisch behandelte.

Die erste bedeutendere Brücke Deutschlands, bei welcher die Anwendung der Gelenke an den Widerlagern zur Ausführung kam, während man von den Gelenken in den Bogenscheiteln, als einer zu künstlichen, durch die infolge der Temperaturdifferenzen eintretenden Längenveränderungen und Materialspannungen nicht gebotenen, Konstruktion absah, war die in den Jahren 1862 bis 1864 in der Linie Koblenz-Lahnstein unter Hartwich's Oberleitung erbaute und in den Figuren 828 bis 841 dargestellte, kühne schmiedeeiserne Bogenbrücke über den Rhein bei Koblenz¹⁹¹⁾ mit zwei befestigten Brückenhauptern,

drei gleichen Oeffnungen von 96,65 Mtr. (308' preuß.) Spannweite und zwei Strompfeilern von 8,47 Mtr. (27' preuß.) Stärke, deren Verkehrsbahn die durch Fachwerk verbundenen Doppelbogen, annähernd tangential zu dem Scheitel des unteren Bogens, durchschneidet. Dieselbe dient, außer zu dem Eisenbahnverkehr auf der bezeichneten Bahnstrecke, vorübergehend und während die Passage über die Koblenzer Schiffbrücke gehemmt ist, zum Verkehr für die Landfuhrwerke und zur steten Benutzung durch Fußgänger. Sie besitzt zwei Fahrbahnen zu 4,08 Mtr. (13' preuß.) Breite, welche durch zwei Seitenrippen von je 0,68 Mtr. (2' 2" preuß.) und eine Mittelrippe von 0,99 Mtr. (3' 2" preuß.) Breite getragen werden, woraus sich eine Gesamtbreite von 10,51 Mtr. (33' 6" preuß.) ergibt. Die Mittelrippe, welche wegzulassen nicht unthunlich gewesen wäre, wurde theils zur Verminderung der Höhe der Querträger, theils zur Vermehrung der Seitensteifigkeit, theils aus ökonomischen Rücksichten angebracht. Die drei Bogenrippen, welche zwei freisförmige Bogen mit 8,78 Mtr. (28' preuß.) Pfeil, wovon der innere mit einem Radius von 137,29 Mtr. (437,5' preuß.) beschrieben ist, besitzen, bestehen aus je zwei, 3,14 Mtr. (10' preuß.) von einander entfernten, aus Platten und Winkleisen zusammengesetzten Gurtungen mit U-förmigem Querschnitt und sind durch ein System doppelter diagonalen, im Querschnitt T-förmiger Gitterstäbe und senkrechter, mit Winkleisen zu einem I-förmigen Querschnitt verstärkter Platten verbunden. Die Theilung dieses Systems fällt mit der Theilung der Querträger zusammen, so daß jedesmal der Anschluß der Querträger, da wo dieselben innerhalb der Bogenrippen liegen, durch eine solche Platte vermittelt wird. Da, wo die Querträger mit der Fahrbahn über der obersten Gurtung liegen, bilden in der Fortsetzung der gedachten Platten senkrechte, ähnlich konstruirte Platten die Stützen der Querträger und der Fahrbahn. Zur seitlichen Versteifung sind zwischen den Vertikalstützen der Bogengurtungen und Bogenzwickel Diagonalbänder, an den unteren Bogengurtungen und den Querträgern der Fahrbahn Diagonalverbindungen, sämmtlich aus Flacheisen, angebracht. Um eine möglichst geringe Höhe der Fahrbahn über der untersten Gurtung im Bogenscheitel zu erzielen, wurden die Längsträger, welche die Querschwellen aufnehmen, durch die Querträger gesteckt. Die Querschwellen sind außer durch jene Längsträger an ihren Enden durch, auf den unteren Gurtungen der Querträger ruhende, Längschwellen unterstützt und tragen die Fahrschienen sammt einem Längsbohlen- und einem darüber liegenden Querbohlen-Belag. An den Stützpunkten sind die Gurtungen jeder Bogenrippe in einen und zwar denjenigen Punkt zusammengezogen, wo sich die dem Halbzapfen, um welchen die Drehung der sich hebenden und senkenden Bogenrippe erfolgt, entsprechende Höhlung befindet, während jener Halbzapfen in einen starken, mit dem Widerlager verankerten, durchbrochenen gußeisernen Schuh eingelassen ist. Verkröpfte gußeiserne Platten am Bogenende und Widerlager mit dazwischen

die Schiffe theilweise aus den Querkälen, wo sie an ihren vorderen Enden durch Querbalken und Diagonaltäue gefuppelt wurden. Ein Dampfboot zog sie ganz aus den Querkälen, worauf sie an hinreichend langen Schlepptauen stromrecht in die Oeffnungen geschleppt und dort mittels Anfertauen festgestellt wurden. Durch seitliche Verschiebung der Schiffe gelangte der Halbbogen in den entsprechenden Schlitz des Pfeilergerüsts, wo er fest unterbaut und durch Einlassen von Wasser in die Schiffe abgesetzt wurde. Erst nachdem auf diese Weise sämtliche sechs Halbbogen einer Oeffnung auf der Pfeilerrüstung in vertikaler Stellung abgesetzt waren, konnte das Mittelgerüst erbaut werden. Das Heben der Bogen erfolgte nun mittels je dreier, auf den Pfeilerrüstungen und der Mittelrüstung aufgestellter hydraulischer Pressen genau in die Lage, welche sie später einzunehmen hatten, worauf man die Scheitel der Bogen durch Nietung verband. Nachdem hierauf die Querträger der Bogen eingeschaltet und die Keile an den Widerlagern passend angetrieben waren, erfolgte die Ausrüstung der Bogen, welche durch die, an Stelle der gewöhnlichen Holzkeile angewandten Kopfschrauben, wesentlich erleichtert wurde, worauf man zum Einbau aller noch fehlenden kleineren Konstruktionstheile schritt.

Die Probelastungen bestanden in zwei Zügen von 938 Ctr. Maschinen- und 5038 Ctr. Gesamt-Gewicht für das südliche und von 938 Ctr. Maschinen- und 5267 Ctr. Gesamt-Gewicht für das nördliche Geleise, welche theils einzeln, theils zugleich gegen- und zugleich nebeneinander über die Brücke fuhren, während die von ihnen veranlaßten Bewegungen der Tragrippen mittels dreier, an den Seitenrippen und an der Mittelrippe der linken Bogenöffnung angebrachter Schreibapparate nach drei Richtungen beobachtet werden konnten. Die während der beiden letztgenannten Proben entstandenen größten, vertikalen, elastischen Einsenkungen betrugen 2,8 Cmtr. (13''' preuß.) an den Seitenrippen und 3,1 Cmtr. (14 $\frac{1}{4}$ ''' preuß.) bei der Mittelrippe. Die größten wagrechten Längensverschiebungen erfolgten bei der letztgenannten Probe und betrugen 0,6 Cmtr. (2 $\frac{3}{4}$ ''' preuß.) bei den Seitenrippen und 0,7 Cmtr. (3''' preuß.) bei der Mittelrippe. Die größten wagrechten Querverschiebungen erfolgten bei den beiden erstgenannten Proben und betrugen 0,4 Cmtr. (1 $\frac{5}{8}$ ''' preuß.) bei allen Rippen.

Unter die mit Charnieren an den Stützpunkten versehenen Brücken gehören ferner die im Jahre 1865 in der Linie Oesterath-Essen von Hartwich erbaute zweigeleisige Brücke über die Ruhr bei Mülheim¹⁹²⁾ mit drei aus Eisen überbauten Stromöffnungen von je 36,08 Mtr. (115' preuß.) und sieben mit Backsteinen überwölbten Flutöffnungen von je 15,69 Mtr. (50' preuß.) Spannweite und die in der Linie Wien-Triest von Egel erbaute dreigeleisige Brücke über die Drau bei Marburg mit drei Oeffnungen von je 52,474 Mtr. (166' österr.) Spannweite und 11,696 Mtr. (37' österr.) Pfeilhöhe.

liche hat in jeder Stromöffnung vier, 1,78 Mtr. (5' 8" preuß.) hohe, unter sich verbundene, parabolische Bogenträger, wovon jeder aus einem bogenförmigen und oberen geraden Gurtung mit doppelt geschnitten und kreuzförmigen, aus je vier Stößen zusammen- und Diagonalstreben, welche mittels doppelter durchlaufender Gurtungen angeschlossen und unter sich durch eine Längsverbindung sind, besteht. Zwischen die unteren Gurtungen der vier Bögen an allen Knotenpunkten, zwischen die oberen Gurtungen nur an den Knotenpunkten 1 bis 6, aus je zwei Paar Stößen horizontalstreben eingespannt, während die Querverstrebungen nur in den Knotenpunkten 1, 3 und 5 angebracht und aus, aus einfachen, flachen Diagonalstäben bestehen, welche mittels Holzbohlen mit den Vertikalstreben verbunden und in ihrem Enden vernietet sind. Die Horizontalverstrebung der unteren Gurtung über die ganze Öffnung, die der oberen Gurtung nur von den ersten sechs Knotenpunkten, und zwar besteht dieselbe zwischen den Bögen aus gekreuzten, zwischen diesen und den beiden Enden aus einfachen, flachen Diagonalstäben. Das Widerlager der Brücke besteht in einem gußeisernen, durch vier mit Blei mit dem Mauerwerk verankerten Böden, der auf zwei Längs- und Querrippen das Lager des oben halbcylindrischen Stützkeils bildet und die Auflager der oberen Gurtung aus einfachen gußeisernen Rollen. Die Aufstellung der Eisenkonstruktion fand auf festen Fundamenten von 13,18 Mtr. (42' preuß.) Weite für die Schiffe statt. Das Gesamtgewicht der Eisenkonstruktion für die Brücke betrug nahe an 7500 Z.-Ctr. Schmiedeeisen und nahe an 1000 Z.-Ctr. Stahleisen, die Lieferung und Aufstellung derselben wurde von der Maschinenbau-Aktiengesellschaft in nicht ganz vollendet. Bei den Probelastrungen der westlichen Öffnung brachte die auf dem nördlichen Geleise aufgestellte, Tenderlokomotive von 1000 Z.-Ctr. auf 8,47 Mtr. (27' preuß.) Länge eine Senkung des Geleises von 2 1/2" (2 1/2" preuß.) hervor, während dieselbe bei zwei aufgestellten Lokomotiven 0,75 Ctr. (3 1/2" preuß.) betrug. Drei Lokomotiven ergab eine Senkung von 1 Ctr. (4 1/2" preuß.) den zugehörigen Trägern, während sich der Scheitel des Geleises um 0,2 Ctr. (1" preuß.) gesenkt und beim vierten Probelastrung stattgefunden hatte. Das Befahren eines Geleises mit einer Lokomotive bewirkte eine Verschiebung der Scheitel in der Brückenaxe von 0,1 Ctr. (1/2" preuß.) bei einer Seitenbewegung von 0,1 Ctr. (1/2" preuß.)

Die vier Blechbogen der Draubridge bestehen aus oberen geraden und unteren gekrümmten Gurtungen, die in ihrer Mitte direkt und in den Bogenzwickeln durch, in ihrer Mitte verstärkte, Vertikalständer und Diagonalbänder mit einander verbunden sind.

Die unteren Gurtungen sind durch, im Querschnitt kreuzförmige, Querverbindungen, die oberen Gurtungen durch, im Querschnitt I-förmige, mittels wagrechter Diagonalbänder unter sich versteifte, Querträger verbunden, welche mittels winkelförmiger Lappen T-förmige Längsträger mit Langschwellen aufnehmen, worauf die Fahr schien en ruhen. Die Bogenfüße der unteren Gurtung sind zu beiden Seiten mit je sechs Winkelleisen und treppenartig abgesetzten Blechplatten armirt und stützen sich mittels einer entsprechend halbkreisförmigen Höhlung auf den, in einem gußeisernen Schuh ruhenden Drehbolzen. Leichte schmiedeeiserne Gitter begrenzen die Fahrbahn, welche übrigens zur Vermeidung von Feuer sgefahr nur außerhalb der Geleise und zwischen denselben einen, auf den Bogenträgern ruhenden, Bohlenbelag erhalten hat.

Die Ausführung eines Scheitelcharniers in Verbindung mit zwei Charnieren an den Bogenanfängen, d. h. die erste völlig ausgebildete Anordnung einer Charnierbrücke, findet sich zum ersten Male, mindestens in Deutschland, an der im August 1865 dem Verkehr übergebenen und in den Figuren 842 bis 853 dargestellten Unterspreebrücke bei Berlin¹⁹³⁾ im Zuge der Bahnhof s-Verbindungsbahn und zwar, wie ausdrücklich in der erwähnten Quelle bemerkt wird, zur Vermeidung nachtheiliger, im Innern der Träger durch Belastungen und Temperaturwechsel hervorgerufener Spannungen. Die Unterspreebrücke überführt ein Eisenbahngeleise von 4,08 Mtr. (13' preuß.), eine durch Brüstung davon geschiedene Fahrstraße von 7,64 Mtr. (24' 8" preuß.) und zwei Trottoirs mit übergefragten Brüstungen von je 1,67 Mtr. (5' 4" preuß.) Breite zu beiden Seiten und besitzt hiernach eine Totalbreite von 15,16 Mtr. (48' 4" preuß.) von Mittel zu Mittel der Trottoirgeländer. Sie übersetzt die Spree unter einem Winkel von 8° 32' zum Stromstrich mit drei Oeffnungen von je 16,39 Mtr. (52' 3" preuß.) und zwei an beiden Ufern der Spree hinführende Straßen mit Oeffnungen von je 12,71 Mtr. (40' 6" preuß.) lichter Weite und besteht in jeder Oeffnung aus vierzehn Bogenrippen mit einer Pfeilhöhe von $\frac{1}{12}$ der Spannweite, wovon zwei zur Unterstützung des Eisenbahngeleises dienen und stärker als die übrigen konstruirt sind. Jeder Bogenträger besteht aus einer unteren, nach den Stützpunkten hin verbreiterten, polygonalen und aus einer oberen geraden Gurtung, welche in den Bogenzwickeln durch senkrechte Stützen und einfache Diagonalbänder mit einander verbunden sind. Die untere Gurtung besteht wieder aus zwei vertikalen, an den äußeren Seiten oben und unten durch angenietete Winkelleisen verstärkten Platten,

welche durch Gitterwerk zu einer rechteckigen, kastenförmigen Röhre vereinigt, die senkrechten Stützen und Diagonalbänder aus I-Eisen, welche mit jenen Vertikalplatten von innen vernietet und die obere Gurtung aus zwei U-förmigen Eisen, welche mit den Vertikalstützen und Diagonalstreben, die sie von beiden Seiten fassen, vernietet sind.

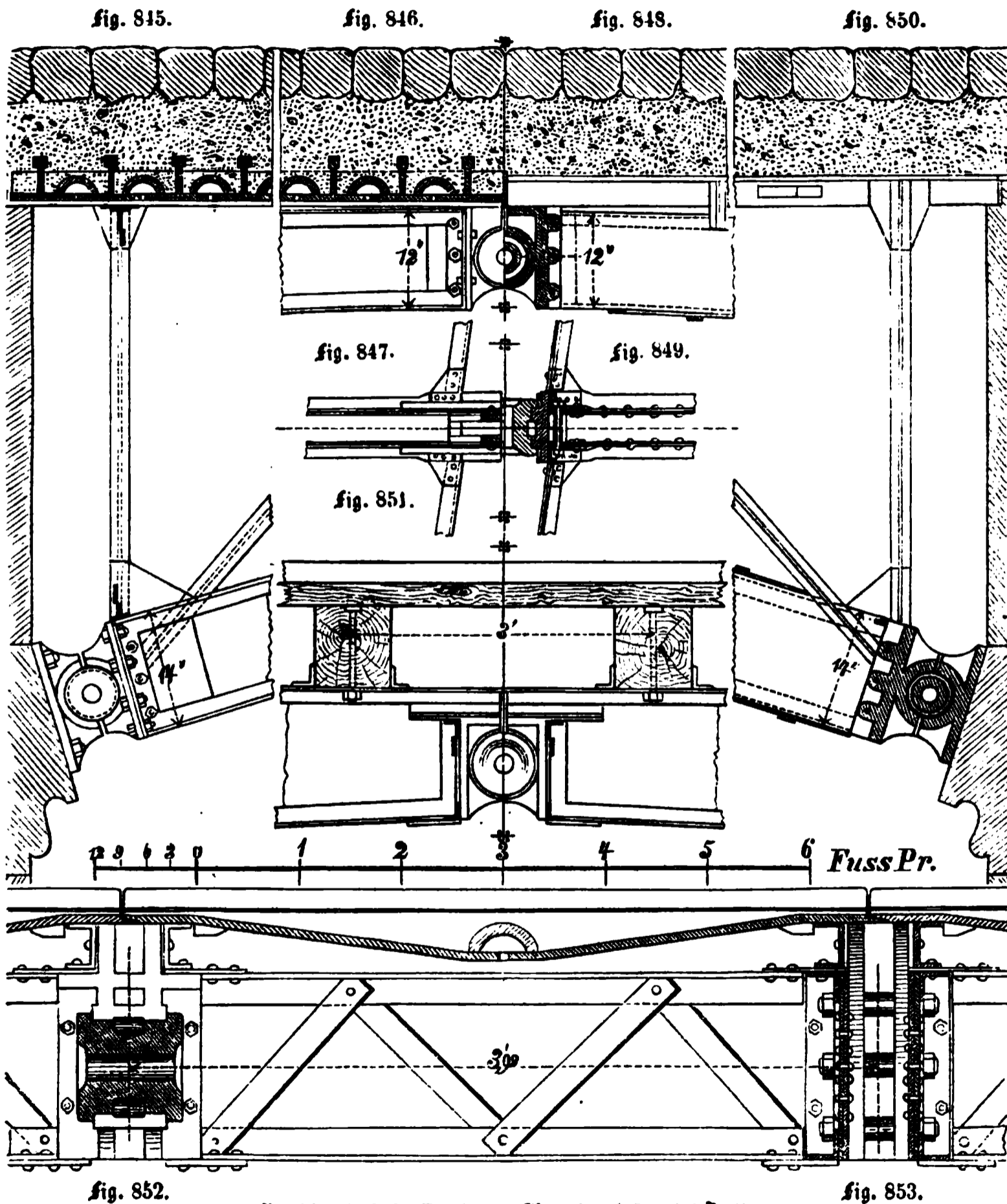


Fig. 845 bis 853. Details zur Unterseebrücke bei Berlin.

Die erwähnte Verstärkung der beiden, unter dem Eisenbahngleise liegenden Träger ist durch stärker ausgewalzte Profile der Winkleisen und I-Eisen für die untere Gurtung, beziehungsweise für die Vertikalstützen und Diagonalstreben

gelegten Querschwellen, gegen welche die Fahrbahn durch eine, mit Granitplatten abgedeckte, niedrige Ziegelmauer und das anstoßende Trottoir durch die zugehörigen Kinnsteine abgegrenzt ist. Zwei leichte Eisenbahngeländer trennen die Eisenbahnspur von dem angrenzenden Fahr- und Fußweg, während die äußerste Einfriedigung der Brücke durch reich verzierte außeiserne Geländer bewirkt

linken Straßenöffnung, zugenommen; ein Umstand, welcher vorläufig und bevor der Grund jener Einsenkung genau ermittelt und erwiesen ist, daß diese Einsenkung den Gelenken als solchen nicht zur Last fällt, nicht zu Gunsten des gegliederten Systems spricht.

5. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der schmiedeeisernen Bogenträger. Die Anwendung des Schmiedeeisens statt des Gußeisens zu Bogenbrücken war durch die größere Widerstandsfähigkeit des ersteren gegen Festigkeitsverminderung durch Erschütterungen, durch die geringere Formveränderung desselben bei Einwirkung von Zug- und Druckkräften, sowie durch die größere Leichtigkeit, womit sich das Eisenblech zusammensetzen läßt, hinreichend motivirt, als man den Bau schmiedeeiserner Bogenbrücken fast gleichzeitig und selbständig in der Schweiz und in Frankreich begann. Die erste Konstruktionsweise in den genannten Ländern beabsichtigte die Herstellung eines in sich festen, mit den Widerlagern verankerten Bogens von so geringer Scheitelhöhe, daß er die, durch Belastungen und Temperaturveränderungen bedingten, Vertikalbewegungen im Scheitel ausführen, d. h. sich heben und senken konnte; eine Anordnung, die später in Deutschland Nachahmung fand. Die erwähnten Bewegungen erleichterte man später in Frankreich und Deutschland durch Annahme von Gelenken an den Bogenanfängen, statt der Verankerungen der Bogen mit den Widerlagern, während man von einer beweglichen Verbindung im Scheitel unabsichtlich oder absichtlich noch Abstand nahm. Die, besonders bei großen Spannweiten mit geringen Pfeilhöhen entstehende, geringe Festigkeit gegen Biegung im Bogenscheitel suchte man später zwar durch Annahme einer größeren Höhe zu beseitigen, führte aber später, zuerst in Deutschland, dann in Frankreich, zur Vermeidung nachtheiliger Materialspannungen bei Längenveränderungen der Bogen durch Temperaturwechsel und Belastungen, das Scheitलगеленк ein, welches, obwol theoretisch selbst bei kleineren Spannweiten gerechtfertigt, bis jetzt noch der praktischen Bewährung bedarf. Nach dem Verhalten der vorbeschriebenen Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Koblenz zu urtheilen, sind selbst bei der so bedeutenden Spannweite dieser Brücke die Nachtheile der in ihren Bogenscheiteln unter den erwähnten Umständen entstehenden Materialspannungen nicht so erheblich, um die feste Verbindung im Scheitel zum Nachtheil der Festigkeit der Bogenrippen aufzugeben. Dagegen erscheint die Anordnung der Gelenke an den Bogenanfängen als ein konstruktiver Fortschritt, der die nun einmal nicht zu vermeidenden Vertikalbewegungen der Bogen gestattet, ohne die statische Festigkeit des Systems zu beeinträchtigen.

Zweiter Abschnitt.

Die Pfeiler der eisernen Brücken.

Bis zu den dreißiger Jahren unseres Jahrhunderts wurden die Pfeiler der eisernen Brücken ausschließlich von Stein erbaut, erst seit dieser Zeit wurde das Eisen, wie schon früher zu Brückenträgern, so auch zur Herstellung von Pfeilern eiserner Brücken verwendet; eine Anordnung, deren bereits bei Beschreibung mehrerer Brücken gedacht wurde. Die Anwendung des Eisens zu Brückenspfeilern folgte mithin derjenigen zu Brückenträgern und gehört also einer noch neueren Zeit an, als diese. Die größere Raumersparniß bei Herstellung der Unterstüzungen hölzerner und eiserner Träger vieler, besonders über die belebten Straßen größerer Städte führender Eisenbahnbrücken, sowie die Fortschritte, welche man bei Herstellung gußeiserner Brückenträger im Gießen größerer Bautheile gemacht hatte, führten im Anfang zur Anwendung mäßig hoher, gußeiserner Brückenstüben auf Steinsokeln statt der massiven Steinpfeiler. Zur Herstellung höherer und stärkerer Brückenspfeiler aus weiten, gußeisernen Röhrenstücken führten die, zunächst in England in den vierziger Jahren zur Anwendung gebrachten, Gründungsmethoden mit Hülfe verdünnter und verdichteter Luft, welche den Vortheil boten, die Pfeiler und Fundamente der Brücken gleichzeitig herstellen und dadurch die Gründung rascher und billiger bewerkstelligen zu können. Zu den höheren und gegliederten eisernen Pfeilern der, an die Stelle langer und hoher Dämme gesetzten, Viadukte gaben die hölzernen, auch auf den Kontinent übertragenen Viadukte (tressle-works) der Amerikaner Veranlassung und Vorbild, welche dort dem geringen Preise des Holzes und dem hohen Preise der Menschenkräfte, zuweilen auch, wie in dem sumpfigen Boden der Urwälder, dem gänzlichen Mangel an Erdmaterial ihre Existenz verdanken und die Eisenbahnen oft meilenweit über tiefe Schluchten und sumpfige Niederungen führen. Den hölzernen Viaduktspfählern gegenüber boten die eisernen den Vortheil größerer Festigkeit und Dauerhaftigkeit, den steinernen Pfeilern der Viadukte und Brücken gegenüber den Vorzug einer geringeren Belastung des Baugrundes und größerer Leichtigkeit und Schnelligkeit in der Ausführung. Den durchweg gußeisernen Pfeilern mit gegliederten Wänden folgten die aus gußeisernen Ständern mit schmiedeeisernen Zugstangen, sowie die aus schmiedeeisernen Stäben und Platten zusammengesetzten Aufsätze auf massivem Pfeilerunterbau, weshalb im Nachfolgenden die gußeisernen, schmiedeeisernen und gemischteisernen Pfeiler unterschieden sind.

Erstes Kapitel.

Die gußeisernen Brückenpfeiler.

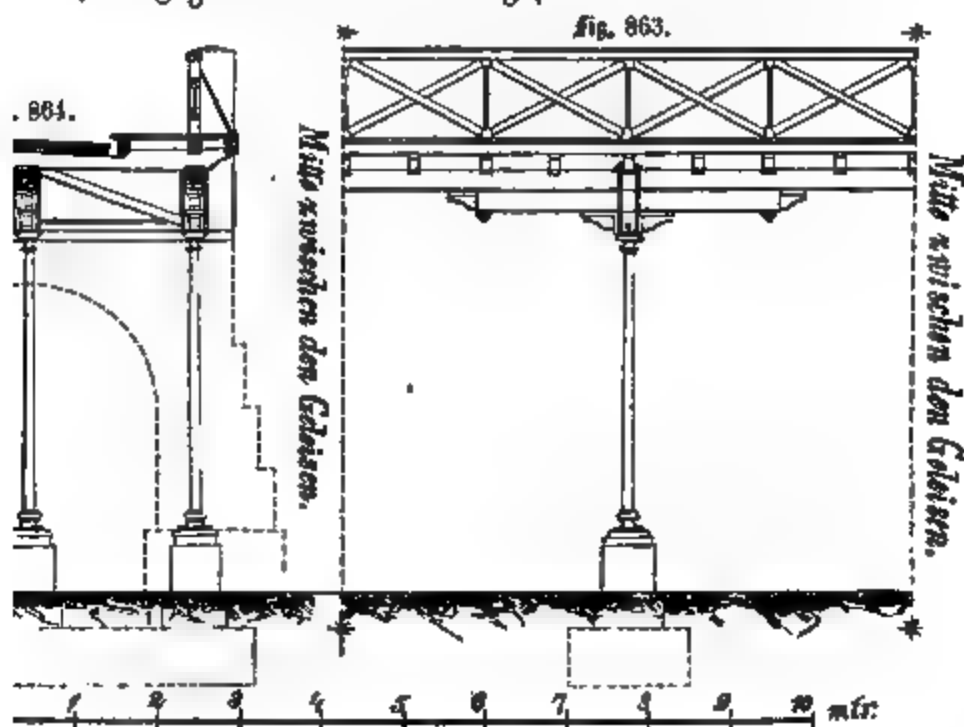
I. Die gußeisernen Säulenpfeiler.

Eine der ersten Anwendungen des Gußeisens zur Unterstützung von Brückenträgern durch Säulen finden wir bei der im Jahre 1831 von einer Aktiengesellschaft erbauten Kavalerbrücke in Berlin.¹⁹⁴⁾ Diese 50,21 Mtr. (160' preuß.) lange, 4,08 Mtr. (13' preuß.) breite, zur Verbindung des Lustgartens hinter dem königlichen Schlosse mit der gegenüberliegenden Burgstraße bestimmte Fußgängerbrücke besitzt vier gleiche Oeffnungen und drei Mittelpfeiler (s. Fig. 854 bis 862), deren jeder aus zwei gußeisernen, unter sich und gegen den Grundbau verstreuten Säulen besteht, welche mittels aufgesetzter Doppelkonsolen die beiden, nach der Brückenmitte hin ansteigenden, verdübelten Holzträger unterstützen und zwischen jenen Konsolen durch gußeiserne, gegen dieselben geschraubte Strebegitter mit einander verbunden sind. Ueber dem, aus zwei, 13 Cmt. (5" preuß.) von einander abstehenden Pfahlreihen gebildeten, Grundbau ruht eine gußeiserne, die Breite der Brücke an Länge um so viel übertreffende Sohlplatte, daß dieselbe außer jenen gußeisernen Säulen noch zwei außen angebrachte, zur seitlichen Versteifung der Brücke dienende Streben aufnehmen kann. An jede der im Querschnitt kreuzförmigen Streben ist an ihrem oberen und unteren Ende eine Platte angegossen, mittels deren sie in eine entsprechende Vertiefung der Säule und der Grundplatte eingelassen und daselbst mit 4 Bolzen angeschraubt ist. Auf ähnliche Weise sind die zwischen die Säulen eingesetzten Spannriegel mit diesen verschraubt. Zur Herstellung einer festen Verbindung der Brückenträger mit jedem Brückenpfeiler und dessen Grundbau gehen starke schmiedeiserne Bolzen durch die verdübelten Brückenträger, die Konsolen und die Säulen sind an den Grundpfählen mittels zweier Querbolzen festgehalten und oberhalb der Brückenträger durch Muttern angezogen. Die eisernen Säulen und die damit verbundenen konsolenartigen Träger wurden durch einen bronzefarbenen Delanstrich vor Oxidation geschützt.

Im Jahre 1837 erbaute Egel unter der Direktion Clapeyron's eine Ueberführung der Straße Cardinet über die Eisenbahn von Paris nach St. Germain in dem Dorfe Batignolles,¹⁹⁵⁾ welche das Muster für mehr als 20 Wegübergänge dieser Bahn sowie ihrer Zweigbahn nach Versailles wurde. Da das Niveau jener Eisenbahn an ihrem Kreuzungspunkte mit der genannten Straße etwa 1 Mtr. unter dem des durchschnittenen Terrains liegt und diese mittels eines Damms über die Bahn geführt werden sollte, ferner

Abtheilung. Zweiter Abschnitt. Die Pfeiler der eisernen Brücken.

4 Bahngleise nur nothdürftig den Raum für die Unterstü-
 tzung gewährte, so beschränkte man, um sowol die für den
 Lokomotive unter der Brücke nöthige lichte Höhe zu behalten, als
 die Dammschüttung zu ersparen, die Höhe der hölzernen Balken-
 stütze und unterstützte dieselben durch gußeiserne, auf steinernen
 Fundamente, in Fig. 863 bis 868 dargestellte Säulen.



868. Wegübergang zu Batignolles in der Eisenbahn von Paris nach St. Germain.

Die Brücke hat 4 Oeffnungen zu je 7,15 Mtr. Weite und außer den bei-
 den an den Abhängen befindlichen, gemauerten Endpfeilern, 3 Mittelpfeiler
 von Eisen, 2 Meter von Ase zu Ase entfernten Säulen. Alle diese
 Viadukts sind auf Beton gegründet, und zwar besteht das Fun-

ament des mittleren Zwischenpfeilers aus einer 9,5 Mtr. langen, 1,35 Mtr. breiten und 0,75 Mtr. hohen Bétonschicht, das Fundament eines der beiden übrigen Zwischenpfeiler aus einer eben so langen und hohen, aber, zur Verhütung von Unterwaschung dieser Pfeiler durch Regengüsse, auf 2,5 Mtr. verbreiterten, unter den längs der Eisenbahn geführten Wasser-Abzugsgräben durchlaufenden Bétonschicht. Auf diesen Bétonfundamenten ruht eine gleichfalls durchlaufende, 9 Mtr. lange, 0,8 Mtr. breite und 0,5 Mtr. hohe Mauerschicht, welche die Sandsteinuntersätze der eisernen Säulen, Würfel von 0,55 Mtr. Seite, trägt. Die eisernen Säulen der Zwischenpfeiler sind, ihrem relativ größeren Tragvermögen entsprechend, hohl und in je drei Stücken: dem viereckigen Theile des Säulensfußes von 0,5 Mtr. Seite und 0,1 Mtr. Höhe, dem 4,1 Mtr. hohen Säulenschaft mit 0,12 Mtr. oberem und 0,15 Mtr. unterem Durchmesser sammt dem runden Theile des Fußes und des Säulenkopfes und der mit dem Zimmerwerk der Fahrbahn verbundenen Deckplatte des Säulenkopfes gegossen. Die ursprünglich auf 1,5 Cmtr. festgesetzte Wanddicke des Schafts wurde, der Schwierigkeit eines so dünnen Gusses wegen, auf 2 Cmtr. verstärkt. Wie der Schaft in die Platte des Säulensfußes, so ist die Deckplatte der Säule in den Säulenkopf mittels eines flachen Zapfens versetzt, die Berührungsfläche dieser verschiedenen Theile aber, zur möglichst gleichmäßigen Vertheilung der Last, sorgfältig abgedreht und mit dazwischen gelegten Bleistreifen versetzt. Das zu den Säulen verwendete Eisen war vom zweiten Guß und aus der Werkstätte von Cavet in Paris.

Auch die auf Seite 260 bis 263 beschriebenen und abgebildeten Schienenträger der im Jahre 1846 hergestellten drei Straßenbrücken über die Gerinne in der neuen Fahrstraße hinter den königlichen Mühlen am Mühlendam in Berlin wurden durch je einen, aus 5 gußeisernen Säulen bestehenden, Mittelpfeiler gestützt. Diese Säulen ruhten auf einer gemeinschaftlichen, den hölzernen, aus Pfählen und Holmen bestehenden Grundbau überragenden Grundplatte und haben einen besondern, 23,6 Cmtr. (9" preuß.) hohen Fuß, welcher von einer Flansche des Säulenschafts übergriffen wird. Die Säulenköpfe sind mittels einer durchlaufenden Kopfplatte verbunden, welche mit den zur Aufnahme der Schienenträger bestimmten Ansätzen versehen sind.

Von der Unterstützung möglichst niedrig zu haltender und deshalb nochmals zu unterstützender Brückenträger durch möglichst wenig Raum verengende, einfache oder gekuppelte, gußeiserne Stützen wurde besonders bei den über die belebten Straßen großer Städte, wie Paris, Wien, Stuttgart u. a., geführten Eisenbahnlinien ausgedehnter Gebrauch gemacht. Selbst auf weitere Entfernungen, wie bei der auf Seite 149 bis 152 erwähnten und in Fig. 209 bis 212 dargestellten Brücke der Morris- und Esser-Bahn über das Inundationsgebiet des Passaic bei Newark, wurden zur Unterstützung von Brückenträgern

welche durch Gitterwerk zu einer rechteckigen, kastenförmigen Röhre vereinigt, die senkrechten Stützen und Diagonalbänder aus I-Eisen, welche mit jenen Vertikalplatten von innen vernietet und die obere Gurtung aus zwei U-förmigen Eisen, welche mit den Vertikalstützen und Diagonalstreben, die sie von beiden Seiten fassen, vernietet sind.

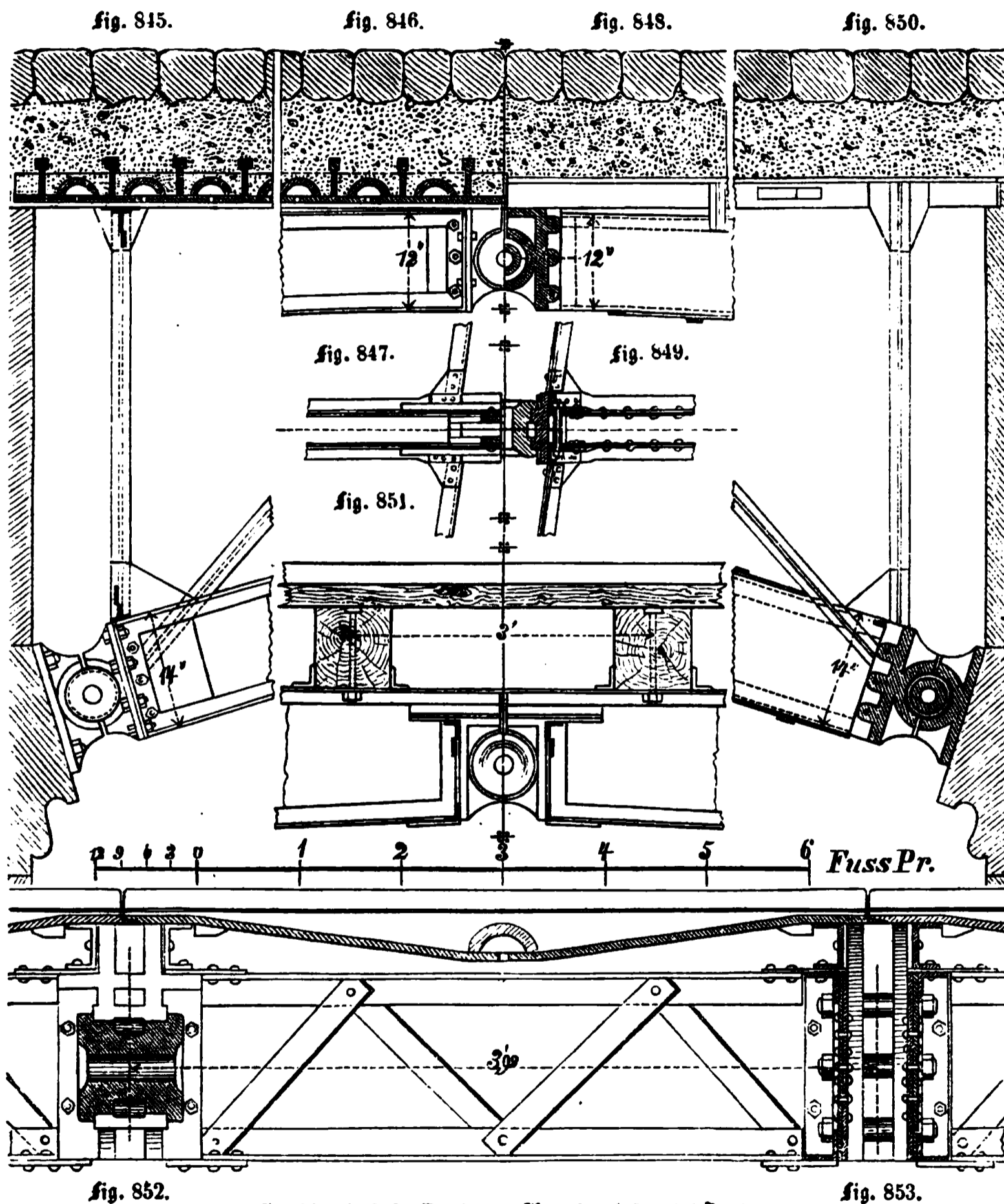


fig. 845 bis 853. Details zur Unterseebrücke bei Berlin.

Die erwähnte Verstärkung der beiden, unter dem Eisenbahngleise liegenden Träger ist durch stärker ausgewalzte Profile der Winkleisen und I-Eisen für die untere Gurtung, beziehungsweise für die Vertikalstützen und Diagonalstreben

erreicht, während die U-Eisen der oberen Gurtung mit verstärktem Querschnitt aus Vertikalplatten mit dagegen genieteten Winkeleisen hergestellt wurden.

Die Konstruktionstheile der Bogenträger über den beiden kleineren Seitenöffnungen der Brücke wurden mit Ausnahme der unteren Gurtungen, welche man der statischen Berechnung gemäß mit etwas schwächerem Querschnitt versah, eben so stark wie die ihnen entsprechenden Bestandtheile der größeren Bogenträger angenommen. Die Querverbindungen der einzelnen Bogenträger unter sich bestehen in Vertikalversteifungen zwischen den Vertikalstützen aus wagrechten T-Eisen und gekreuzten Zugbändern, sowie in Horizontalversteifungen unter der oberen und zwischen der unteren Gurtung, beide aus Flacheisen.

Die Charniere wurden aus gußeisernen, in den Lagerflächen sorgfältig abgedrehten Gelenkbolzen von 15,7 Cmtr. (6" preuß.) Durchmesser und 5,5 Cmtr. ($2\frac{1}{8}$ " preuß.) Wandstärke bei den größeren und 11,75 Cmtr. ($4\frac{1}{2}$ " preuß.) Durchmesser und 4,9 Cmtr. ($1\frac{7}{8}$ " preuß.) Wandstärke bei den kleineren Oeffnungen gebildet und mit ebenfalls gußeisernen, ausgeschliffenen Lagern versehen. Diese, aus je zwei Hälften bestehenden Lager sind an den Anfängen und Scheiteln der Bogen nach deren Quere und nach deren Länge mittels besonderer, an sie angegossener Lappen verbolzt, während die Halbbogen, gegen welche sich die Bogenrippen stemmen, mit den Widerlagern durch starke Steinbolzen verankert sind. Um die Wirksamkeit der Charniere bei Wärmeausdehnungen beurtheilen zu können, wurde die Hebung des Mittelcharniers durch die größte angenommene Temperaturdifferenz von -20° bis $+45^{\circ}$ zu etwas über 1,3 Cmtr. ($\frac{1}{2}$ " preuß.), die derselben entsprechende seitliche Verschiebung der an den Fußcharnieren befindlichen oberen Ecken der Bogenträger zu nicht ganz 0,6 Cmtr. ($\frac{1}{4}$ " preuß.) berechnet.

Zur Unterstützung der Straßensfahrbahn und der beiden Trottoirs mit ihrer Sandbettung sind gußeiserne, nahezu 0,63 Mtr. (2' preuß.) breite, überfällzte Platten quer auf die oberen Gurtungen der Bogenträger gelegt, die mit Verstärkungsrippen versehen und zur Erhöhung des Sandbettes, sowie zur Konzentration des Tagwassers mit einer Biegung nach unten versehen sind. An der tiefsten Stelle derselben befindet sich eine, mit einer Halbkugel aus porösem gebrannten Thon überdeckte Oeffnung zum Ablassen des Wassers. Zur Begrenzung der 16 bis 26 Cmtr. (6" bis 10" preuß.) starken Sandbettung auf beiden Seiten der Brücke dienen kastenförmige, außen konkav profilirte und mit den Bodenplatten verschraubte Gußstücke, welche zugleich zur Befestigung eines Konsolengesimses, sowie zum Endauflager der Trottoirplatten bestimmt sind. Die Pflasterung der Fahrbahn besteht aus rechteckig behauenen Kopfsteinen, das Trottoir aus Granitplatten, die Kinnsteine aus Sandstein. Das aus Kruppschen Gußstahlschienen bestehende Geleise, sowie der Längsbohlenbelag der Eisenbahn, liegt auf starken, unmittelbar über die oberen Gurtungen der Bogenträger

gelegten Querschwellen, gegen welche die Fahrbahn durch eine, mit Granitplatten abgedeckte, niedrige Ziegelmauer und das anstoßende Trottoir durch die zugehörigen Kinnsteine abgegrenzt ist. Zwei leichte Eisenbahngeländer trennen die Eisenbahnspur von dem angrenzenden Fahr- und Fußweg, während die äußerste Einfriedigung der Brücke durch reich verzierte gußeiserne Geländer bewirkt wird, welchen auf den Pfeilerköpfen Traillen von gebranntem Thon entsprechen.

Die Aufstellung der Bogenrippen, welche in der Eisenbauanstalt fertig hergestellt und dann auf die Baustelle geschafft wurden, erfolgte mittels zweier gekuppelter, mit einer Plattform versehener Rähne, auf welchen ein großer Strahn aufgestellt war. Nachdem diese ganze Vorrichtung in die betreffende Oeffnung gefahren und vor Anker gelegt war, wurde je ein halber Bogenträger hochgewunden und auf einer schwachen Pfeilerrüstung am Rämpfer abgestützt, worauf der Charnierbolzen am Rämpfer in die, vorher auf den Trägersteinen mit vier Bolzen lose befestigte Widerlagsplatte eingelegt und die Bogenhälfte dagegen gestemmt wurde. Dasselbe Verfahren wurde bei der zweiten Bogenhälfte beobachtet, sodann der Charnierbolzen am Scheitel eingelegt und jede Bogenhälfte so lange herabgelassen, bis sich die Lager im Scheitel gegen den Bolzen stemmten, worauf die Rüstung beseitigt wurde. Der in derselben Weise bewirkten Aufstellung der anderen Bogen folgte das Einpassen und Vernieten der Querverbindungen und Diagonalverstrebungen, das Auflegen der Platten und Querschwellen mit den übrigen Bestandtheilen aller Verkehrsbahnen. Das Gewicht des sämmtlichen, zu der Brücke verarbeiteten Schmiedeisens betrug etwas über 3050,5 Ctr., des bearbeiteten Gußeisens nahezu 928 Ctr., des unbearbeiteten Gußeisens nahezu 2943,7 Ctr., der Gesamtaufwand für das ganze Bauwerk in runder Summe 140,000 Thlr.

Die Probelastung des für den Bahnverkehr bestimmten Brückentheiles bestand, außer in je zwei Paaren beladener Bahnwagen von bzw. 2×288 und 2×450 Ctr., in je zwei Tendermaschinen von 718 Ctr. Gewicht, welche letztere, mit den Hinteraxen gegeneinander gekehrt und dicht zusammengekuppelt, symmetrisch zu dem Scheitelcharnier aufgestellt waren, in welchem Falle, zufolge der mit Fühlhebeln angestellten Beobachtungen, die Einsenkung des Scheitelcharniers in der ersten Straßenöffnung 0,5 Cmr. (0,2" preuß.) und in der ersten Stromöffnung 0,1 Cmr. (0,42" preuß.) betrug. Bei Belastung der mittleren Stromöffnung mit beiden Maschinen in der angegebenen Weise stieg dagegen das Scheitelcharnier in der ersten Straßenöffnung um 0,05 Cmr. (0,02" preuß.), in der ersten und dritten Straßenöffnung bzw. 0,28 Cmr. (0,11" preuß.) und 0,36 Cmr. (0,14" preuß.).

Die Einsenkungen der Bogenscheitel haben durch die Benutzung der Brücke, seit ihrem Eröffnungstermine am 21. August 1865 bis jetzt, besonders in der

linken Straßenöffnung, zugenommen; ein Umstand, welcher vorläufig und bevor der Grund jener Einsenkung genau ermittelt und erwiesen ist, daß diese Einsenkung den Gelenken als solchen nicht zur Last fällt, nicht zu Gunsten des gegliederten Systems spricht.

5. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der schmiedeisenen Bogenträger. Die Anwendung des Schmiedeeisens statt des Gußeisens zu Bogenbrücken war durch die größere Widerstandsfähigkeit des ersteren gegen Festigkeitsverminderung durch Erschütterungen, durch die geringere Formveränderung desselben bei Einwirkung von Zug- und Druckkräften, sowie durch die größere Leichtigkeit, womit sich das Eisenblech zusammensetzen läßt, hinreichend motivirt, als man den Bau schmiedeiserner Bogenbrücken fast gleichzeitig und selbständig in der Schweiz und in Frankreich begann. Die erste Konstruktionsweise in den genannten Ländern beabsichtigte die Herstellung eines in sich festen, mit den Widerlagern verankerten Bogens von so geringer Scheitelhöhe, daß er die, durch Belastungen und Temperaturveränderungen bedingten, Vertikalbewegungen im Scheitel ausführen, d. h. sich heben und senken konnte; eine Anordnung, die später in Deutschland Nachahmung fand. Die erwähnten Bewegungen erleichterte man später in Frankreich und Deutschland durch Annahme von Gelenken an den Bogenanfängen, statt der Verankerungen der Bogen mit den Widerlagern, während man von einer beweglichen Verbindung im Scheitel unabsichtlich oder absichtlich noch Abstand nahm. Die, besonders bei großen Spannweiten mit geringen Pfeilhöhen entstehende, geringe Festigkeit gegen Biegung im Bogenscheitel suchte man später zwar durch Annahme einer größeren Höhe zu beseitigen, führte aber später, zuerst in Deutschland, dann in Frankreich, zur Vermeidung nachtheiliger Materialspannungen bei Längenveränderungen der Bogen durch Temperaturwechsel und Belastungen, das Scheitелgelenk ein, welches, obwol theoretisch selbst bei kleineren Spannweiten gerechtfertigt, bis jetzt noch der praktischen Bewährung bedarf. Nach dem Verhalten der vorbeschriebenen Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Koblenz zu urtheilen, sind selbst bei der so bedeutenden Spannweite dieser Brücke die Nachtheile der in ihren Bogenscheiteln unter den erwähnten Umständen entstehenden Materialspannungen nicht so erheblich, um die feste Verbindung im Scheitel zum Nachtheil der Festigkeit der Bogenrippen aufzugeben. Dagegen erscheint die Anordnung der Gelenke an den Bogenanfängen als ein konstruktiver Fortschritt, der die nun einmal nicht zu vermeidenden Vertikalbewegungen der Bogen gestattet, ohne die statische Festigkeit des Systems zu beeinträchtigen.

Zweiter Abschnitt.

Die Pfeiler der eisernen Brücken.

Bis zu den dreißiger Jahren unseres Jahrhunderts wurden die Pfeiler der eisernen Brücken ausschließlich von Stein erbaut, erst seit dieser Zeit wurde das Eisen, wie schon früher zu Brückenträgern, so auch zur Herstellung von Pfeilern eiserner Brücken verwendet; eine Anordnung, deren bereits bei Beschreibung mehrerer Brücken gedacht wurde. Die Anwendung des Eisens zu Brückenspfeilern folgte mithin derjenigen zu Brückenträgern und gehört also einer noch neueren Zeit an, als diese. Die größere Raumersparniß bei Herstellung der Unterstützungen hölzerner und eiserner Träger vieler, besonders über die belebten Straßen größerer Städte führender Eisenbahnbrücken, sowie die Fortschritte, welche man bei Herstellung gußeiserner Brückenträger im Gießen größerer Bautheile gemacht hatte, führten im Anfang zur Anwendung mäßig hoher, gußeiserner Brückenstützen auf Steinsokeln statt der massiven Steinpfeiler. Zur Herstellung höherer und stärkerer Brückenspfeiler aus weiten, gußeisernen Röhrenstücken führten die, zunächst in England in den vierziger Jahren zur Anwendung gebrachten, Gründungsverfahren mit Hülfe verdünnter und verdichteter Luft, welche den Vortheil boten, die Pfeiler und Fundamente der Brücken gleichzeitig herstellen und dadurch die Gründung rascher und billiger bewerkstelligen zu können. Zu den höheren und gegliederten eisernen Pfeilern der, an die Stelle langer und hoher Dämme gesetzten, Viadukte gaben die hölzernen, auch auf den Kontinent übertragenen Viadukte (tressle-works) der Amerikaner Veranlassung und Vorbild, welche dort dem geringen Preise des Holzes und dem hohen Preise der Menschenkräfte, zuweilen auch, wie in dem sumpfigen Boden der Urwälder, dem gänzlichen Mangel an Erdmaterial ihre Existenz verdanken und die Eisenbahnen oft meilenweit über tiefe Schluchten und sumpfige Niederungen führen. Den hölzernen Viaduktspfählern gegenüber boten die eisernen den Vortheil größerer Festigkeit und Dauerhaftigkeit, den steinernen Pfeilern der Viadukte und Brücken gegenüber den Vorzug einer geringeren Belastung des Baugrundes und größerer Leichtigkeit und Schnelligkeit in der Ausführung. Den durchweg gußeisernen Pfeilern mit gegliederten Wänden folgten die aus gußeisernen Ständern mit schmiedeeisernen Zugstangen, sowie die aus schmiedeeisernen Stäben und Platten zusammengesetzten Aufsätze auf massivem Pfeilerunterbau, weshalb im Nachfolgenden die gußeisernen, schmiedeeisernen und gemischteisernen Pfeiler unterschieden sind.

Erstes Kapitel.

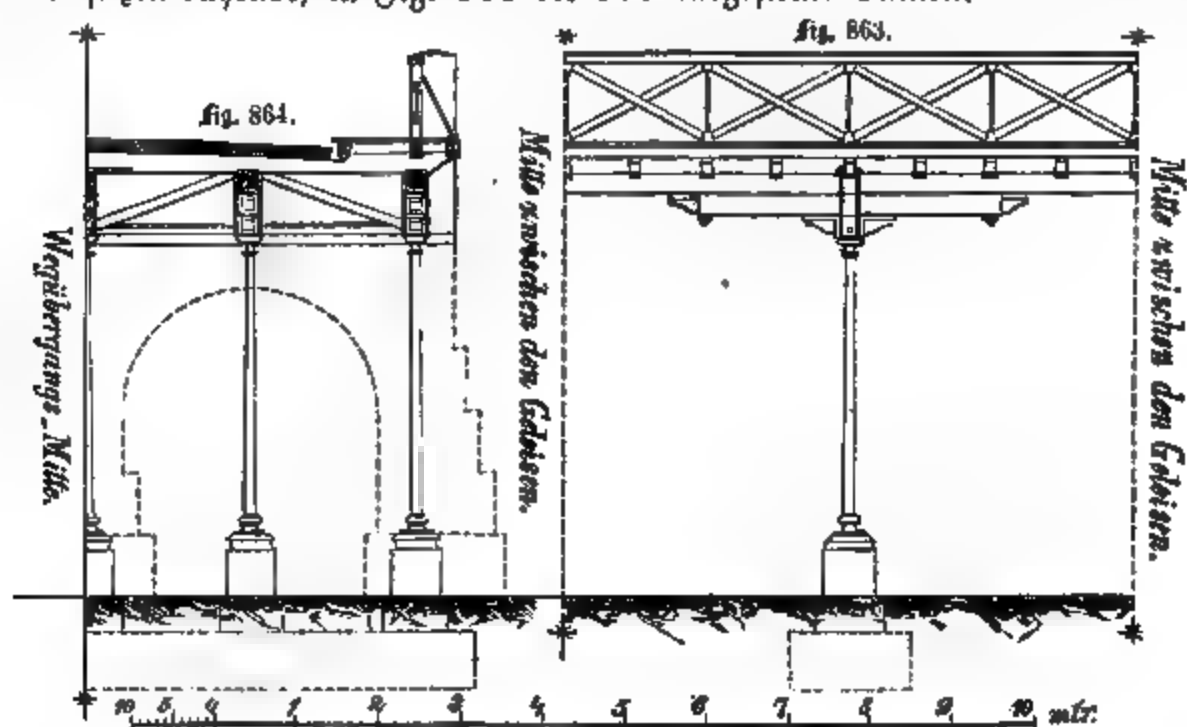
Die gußeisernen Brückenpfeiler.

I. Die gußeisernen Säulenpfeiler.

Eine der ersten Anwendungen des Gußeisens zur Unterstützung von Brückenträgern durch Säulen finden wir bei der im Jahre 1831 von einer Aktiengesellschaft erbauten Kavalerbrücke in Berlin.¹⁹⁴⁾ Diese 50,21 Mtr. (160' preuß.) lange, 4,08 Mtr. (13' preuß.) breite, zur Verbindung des Lustgartens hinter dem königlichen Schlosse mit der gegenüberliegenden Burgstraße bestimmte Fußgängerbrücke besitzt vier gleiche Oeffnungen und drei Mittelpfeiler (s. Fig. 854 bis 862), deren jeder aus zwei gußeisernen, unter sich und gegen den Grundbau verstreuten Säulen besteht, welche mittels aufgesetzter Doppelkonsolen die beiden, nach der Brückenmitte hin ansteigenden, verdübelten Holzträger unterstützen und zwischen jenen Konsolen durch gußeiserne, gegen dieselben geschraubte Strebegitter mit einander verbunden sind. Ueber dem, aus zwei, 13 Emtr. (5" preuß.) von einander abstehenden Pfahlreihen gebildeten, Grundbau ruht eine gußeiserne, die Breite der Brücke an Länge um so viel übertreffende Sohlplatte, daß dieselbe außer jenen gußeisernen Säulen noch zwei außen angebrachte, zur seitlichen Versteifung der Brücke dienende Streben aufnehmen kann. An jede der im Querschnitt kreuzförmigen Streben ist an ihrem oberen und unteren Ende eine Platte angegossen, mittels deren sie in eine entsprechende Vertiefung der Säule und der Grundplatte eingelassen und daselbst mit 4 Bolzen angeschraubt ist. Auf ähnliche Weise sind die zwischen die Säulen eingesetzten Spannriegel mit diesen verschraubt. Zur Herstellung einer festen Verbindung der Brückenträger mit jedem Brückenpfeiler und dessen Grundbau gehen starke schmiedeiserne Bolzen durch die verdübelten Brückenträger, die Konsolen und die Säulen sind an den Grundpfählen mittels zweier Querbolzen festgehalten und oberhalb der Brückenträger durch Muttern angezogen. Die eisernen Säulen und die damit verbundenen konsolenartigen Träger wurden durch einen bronzefarbenen Delanstrich vor Oxydation geschützt.

Im Jahre 1837 erbaute Egel unter der Direktion Claperyon's eine Ueberführung der Straße Cardinet über die Eisenbahn von Paris nach St. Germain in dem Dorfe Batignolles,¹⁹⁵⁾ welche das Muster für mehr als 20 Wegübergänge dieser Bahn sowie ihrer Zweigbahn nach Versailles wurde. Da das Niveau jener Eisenbahn an ihrem Kreuzungspunkte mit der genannten Straße etwa 1 Mtr. unter dem des durchschnittenen Terrains liegt und diese mittels eines Damms über die Bahn geführt werden sollte, ferner

der Abstand der 4 Bahngleise nur nothdürftig den Raum für die Unterstützungen einer Ueberbrückung gewährte, so beschränkte man, um sowol die für den Durchgang der Lokomotive unter der Brücke nöthige lichte Höhe zu behalten, als eine überflüssige Dammschüttung zu ersparen, die Höhe der hölzernen Balkenträger möglichst und unterstützte dieselben durch gußeiserne, auf steinernen Unterfüßen ruhende, in Fig. 863 bis 868 dargestellte Säulen.



fi

Fig. 863 bis 868. Wegübergang zu Intignolles in der Eisenbahn von Paris nach St. Germain

Der Viadukt hat 4 Oeffnungen zu je 7,15 Mtr. Breite und außer den beiden, in der Dammböschung befindlichen, gemauerten Endpfeilern, 3 Mittelpfeiler mit je 5 gußeisernen, 2 Meter von Axe zu Axe entfernten Säulen. Alle diese 5 Pfeiler des Viadukts sind auf Béton gegründet, und zwar besteht das Fun-

ament des mittleren Zwischenpfeilers aus einer 9,5 Mtr. langen, 1,35 Mtr. breiten und 0,75 Mtr. hohen Bétonschiicht, das Fundament eines der beiden übrigen Zwischenpfeiler aus einer eben so langen und hohen, aber, zur Verhütung von Unterwaschung dieser Pfeiler durch Regengüsse, auf 2,5 Mtr. verbreiterten, unter den längs der Eisenbahn geführten Wasser-Abzugsgräben durchlaufenden Bétonschiicht. Auf diesen Bétonfundamenten ruht eine gleichfalls durchlaufende, 9 Mtr. lange, 0,8 Mtr. breite und 0,5 Mtr. hohe Mauerschicht, welche die Sandsteinuntersätze der eisernen Säulen, Würfel von 0,55 Mtr. Seite, trägt. Die eisernen Säulen der Zwischenpfeiler sind, ihrem relativ größeren Tragvermögen entsprechend, hohl und in je drei Stücken: dem viereckigen Theile des Säulensfußes von 0,5 Mtr. Seite und 0,1 Mtr. Höhe, dem 4,1 Mtr. hohen Säulenschaft mit 0,12 Mtr. oberem und 0,15 Mtr. unterem Durchmesser sammt dem runden Theile des Fußes und des Säulenkopfes und der mit dem Zimmerwerk der Fahrbahn verbundenen Deckplatte des Säulenkopfes gegossen. Die ursprünglich auf 1,5 Cmtr. festgesetzte Wanddicke des Schafts wurde, der Schwierigkeit eines so dünnen Gusses wegen, auf 2 Cmtr. verstärkt. Wie der Schaft in die Platte des Säulensfußes, so ist die Deckplatte der Säule in den Säulenkopf mittels eines flachen Zapfens versetzt, die Berührungsfläche dieser verschiedenen Theile aber, zur möglichst gleichmäßigen Vertheilung der Last, sorgfältig abgedreht und mit dazwischen gelegten Bleistreifen versetzt. Das zu den Säulen verwendete Eisen war vom zweiten Guß und aus der Werkstätte von Cavet in Paris.

Auch die auf Seite 260 bis 263 beschriebenen und abgebildeten Schienenträger der im Jahre 1846 hergestellten drei Straßenbrücken über die Gerinne in der neuen Fahrstraße hinter den königlichen Mühlen am Mühlendam in Berlin wurden durch je einen, aus 5 gußeisernen Säulen bestehenden, Mittelpfeiler gestützt. Diese Säulen ruhten auf einer gemeinschaftlichen, den hölzernen, aus Pfählen und Holmen bestehenden Grundbau überragenden Grundplatte und haben einen besondern, 23,6 Cmtr. (9" preuß.) hohen Fuß, welcher von einer Flansche des Säulenschafts übergriffen wird. Die Säulenköpfe sind mittels einer durchlaufenden Kopfplatte verbunden, welche mit den zur Aufnahme der Schienenträger bestimmten Ansätzen versehen sind.

Von der Unterstützung möglichst niedrig zu haltender und deshalb nochmals zu unterstützender Brückenträger durch möglichst wenig Raum verengende, einfache oder gekuppelte, gußeiserne Stützen wurde besonders bei den über die belebten Straßen großer Städte, wie Paris, Wien, Stuttgart u. a., geführten Eisenbahnlinien ausgedehnter Gebrauch gemacht. Selbst auf weitere Entfernungen, wie bei der auf Seite 149 bis 152 erwähnten und in Fig. 209 bis 212 dargestellten Brücke der Morris- und Esser-Bahn über das Inundationsgebiet des Passaic bei Newark, wurden zur Unterstützung von Brückenträgern

gußeiserne Säulen oder Pfosten angewendet. Die gußeisernen, gekuppelten Pfosten dieser Brücke (s. Fig. 869 und 870), deren drei einen ihrer Zwischenpfeiler bilden, sitzen stumpf auf den aus Granitquadern bestehenden Unterlagen und sind über ihren Kapitälern durch die Bogengesimse untereinander verbunden, welche zugleich die Brückenträger aufnehmen. Zur Herstellung der nöthigen Standfähigkeit dieses Pfostenunterbaues sind die einzelnen Pfosten senkrecht zur Bahnaxe durch horizontale, unter dem Kapitäl und über dem Fuß angebrachte Zugstangen und dazwischen eingeschaltete Diagonalstangen, ferner parallel zur Bahnaxe durch horizontale, gleichfalls unter dem Kapitäl, jedoch etwas tiefer als jene ersteren, angebrachte Zugstangen fest mit einander verbunden.

Fig. 870.

Auch als Stützen von Brückenträgern auf steinernem Pfeilerunterbau wurden die gußeisernen Pfosten von den Amerikanern verwendet, wie bei der von Albert Fink erbauten, auf Seite 158 hinsichtlich ihrer Träger betrachteten Eisenbahnbrücke über den Elisabethfluß bei Norfolk. Die vier hohlen gußeisernen, in Fig. 871 und 872 dargestellten Ständer dieser über eine Oeffnung von 36 Mtr. (120' engl.) Spannweite erbauten Brücke stehen zu je 2 auf jedem Landpfeiler, sind nach der Längensaxe der Brücke zur Erhöhung ihrer Stabilität in dieser Richtung mit Anlauf versehen, nach

r Morris- und Efer-
Bahn bei Newark.

der Breite der Brücke zwar gleich breit, aber zur Erhöhung ihrer seitlichen Stabilität mit einem, die nöthige Durchfahrtsöffnung für die Eisenbahnfahrzeuge freilassenden, gußeisernen Bogen verbunden und mittels einer Verdachung abgedeckt. Der Sockel dieser Ständer dient den unteren, das Kapitäl derselben den oberen Gurtungen und den Hauptzugbändern zum Anschluß, während deren Schäfte aus durchbrochenen, mit verstärkten Ecken versehenen Gußplatten zusammengesetzt sind.

Die kühnste Anwendung gußeiserner Säulen oder Pfosten machten die Amerikaner z. B. bei Herstellung der im Jahre 1852 vollendeten, gußeisernen Viadukte in der Baltimore-Ohio-Bahn nach den Entwürfen des schon mehrfach erwähnten, deutschen Ingenieurs A. Fink, welche sich durch schlanke Verhältnisse und eigenthümliche Detailverbindungen auszeichnen. Der längste derselben, der Trayrun-Viadukt, 196) s. Fig. 872 bis 881, besitzt einen in Bruchstein ausgeführten und mit den nöthigen Durchlässen versehenen Unterbau von 30,48 Mtr. (100' engl.) Höhe über der Thalsohle, worauf die 15,85 Mtr. (52' engl.) bis zur Oberkante der Schienen hohe Eisenkonstruktion steht.

Der Viadukt liegt in einer Steigung von $\frac{1}{50}$ und im Beginn einer Kurve von 243,84 Mtr. (800' engl.) Radius. Seine ganze Länge beträgt 435,64 Mtr. (445' engl.), von welcher 71,32 Mtr. (234 engl.) der geraden Strecke und 64,31 Mtr. (211' engl.) der Kurve angehören. Die äußerst langen und schwachen Säulen sind theils einfach, theils an den Köpfen gekuppelt und stehen zu drei in gußeisernen Schuhen, an welche jedoch die mittlere gleich angegossen ist. Diese Schuhe, welche auf besonderen Unterlagsplatten liegen, sind in ihren Mitten 7,92 Mtr. (26' engl.) von einander entfernt und durch gußeiserne Röhren verbunden. Etwa in der Mitte der Höhe sind die Säulen gestoßen und miteinander verschraubt und schließen sich an diese Stöße gußeiserne Balken an, welche daselbst mit Hilfe eines Horizontalgitters einen guten Längen- und Querverband herstellen. Die Köpfe der Säulen haben kurze Zapfen, und auf diese setzen sich die bogenförmigen, aus einem Stück gegossenen Querträger von 8,53 Mtr. (28' engl.) Länge, welche nach der Längsrichtung durch ebenfalls bogenförmige Zwischenträger verbunden sind. Der Schub der bogenförmigen Querträger wird durch paarweise angebrachte horizontale Spannstrangen aufgehoben und zur Herstellung der seitlichen Standfähigkeit sind diagonale Spannstrangen eingezeichnet. Die Querträger sind 3,96 Mtr. (13' engl.) von einander entfernt und deshalb unter jede Schiene doppelte Langschwellen von

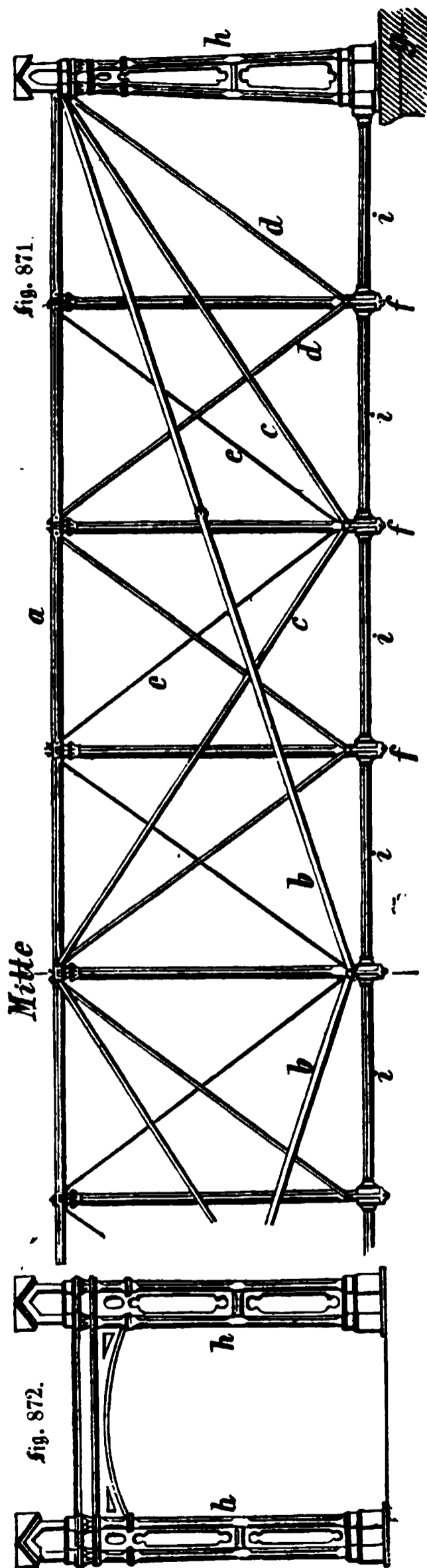


Fig. 871 und 872. Gußeiserne Ständer der Eisenbahnbrücke über den Elisabethfluß bei Morfolk.

0,37 Mtr. (15" engl.) Höhe und 1,83 Mtr. (6' engl.) Breite gelegt. Diese, in der Gebirgstrasse der Bahn gelegenen Viadukte sind seit dem Jahre 1862 im Betrieb und zeigen, selbst bei dem täglichen, wenn auch mit mäßiger Geschwindigkeit stattfindenden, Passiren der schwersten Maschinen undzüge große Standfähigkeit.

Der steinerne Unterbau der Brückenpfeiler wurde später bisweilen höher geführt und darauf gußeiserne Säulen zur Unterstützung der Brückenbahn gestellt, wie bei der in den 50er Jahren von Brunel erbauten, Seite 237 bis 239 erwähnten und in Fig. 414 bis 418 dargestellten Brücke in der Cornisheisenbahn über den Tamar¹⁹⁷⁾, einen Meeresarm am Ende der Bai von Plymouth, bei Saltafsh unweit Plymouth. Diese zum Uebergang desjenigen Theils der Eisenbahn von Cornwallis, die mit dem Namen South-Devon bezeichnet wird, dienende Brücke, s. Fig. 883 und 884, mußte wie die Britannia-Brücke nach den von der englischen Admiralität gestellten Bedingungen, welche eine möglichst weite und hohe Durchfahrtsöffnung für die Segelschiffe forderten, angelegt werden, wodurch Brunel veranlaßt wurde, die Brückenöffnung beinahe eben so groß wie bei der Britannia-Brücke anzunehmen und der Brückenbahn eine Höhe von 20,5 Mtr. über dem höchsten Wasserstande des Meeres zu geben. Infolge dieser Annahme haben die Endpfeiler der beiden Hauptöffnungen, s. Fig. 886, eine Höhe von bzw.

Fig. 883 und 884. Pfeiler der Brücke über den Entmar bei Antioch

Fig. 874.

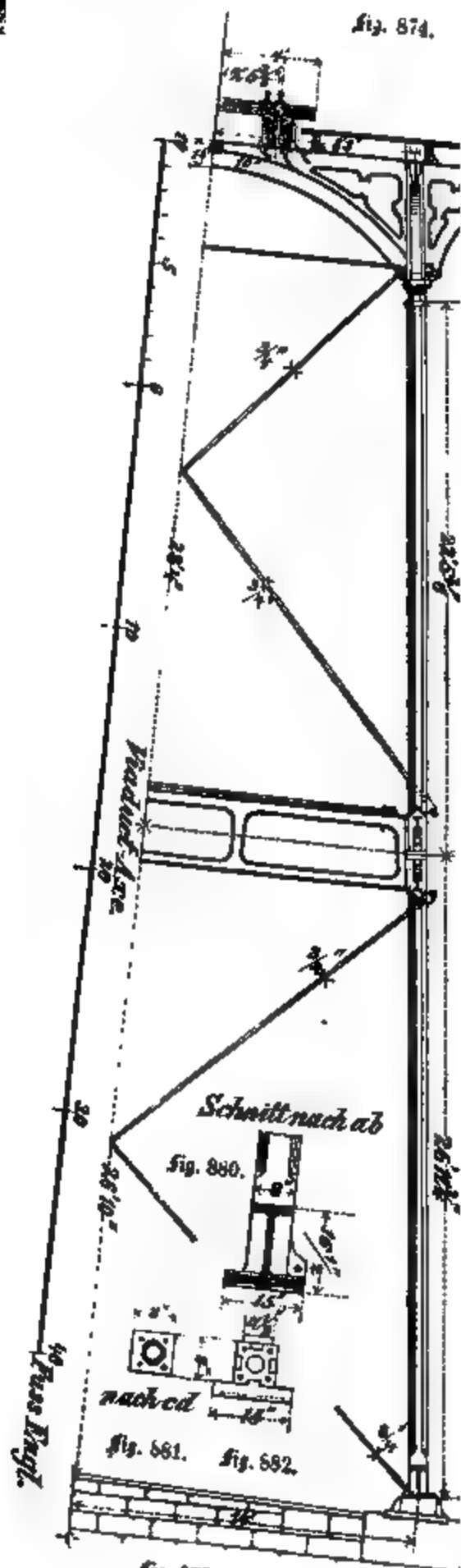


Fig. 873 bis 892. Pfeiler des Trappenscheidungs in der Baltimore-Ohio-Bahn

0,37 Mtr. (15" engl.) Höhe und 1,83 Mtr. (6' engl.) Breite gelegt. Diese, in der Gebirgstrasse der Bahn gelegenen Viadukte sind seit dem Jahre 1862 im Betrieb und zeigen, selbst bei dem täglichen, wenn auch mit mäßiger Geschwindigkeit stattfindenden, Passiren der schwersten Maschinen und Züge große Standfähigkeit.

Der steinerne Unterbau der Brückenpfeiler wurde später bisweilen höher geführt und darauf gußeiserne Säulen zur Unterstützung der Brückenbahn gestellt, wie bei der in den 50er Jahren von Brunel erbauten, Seite 237 bis 239 erwähnten und in Fig. 414 bis 418 dargestellten Brücke in der Cornisheisenbahn über den Tamar¹⁸⁷¹, einen Meeresarm am Ende der Bai von Plymouth, bei Saltsch unweit Plymouth. Diese zum Uebergang desjenigen Theils der Eisenbahn von Cornwallis, die mit dem Namen South-Devon bezeichnet wird, dienende Brücke, s. Fig. 883 und 884, mußte wie die Britannia-Brücke nach den von der englischen Admiralität gestellten Bedingungen, welche eine möglichst weite und hohe Durchfahrtsöffnung für die Segelschiffe forderten, angelegt werden, wodurch Brunel veranlaßt wurde, die Brückenöffnung beinahe eben so groß wie bei der Britannia-Brücke anzunehmen und der Brückenbahn eine Höhe von 20,5 Mtr. über dem höchsten Wasserstande des Meeres zu geben. Infolge dieser Annahme haben die Endpfeiler der beiden Hauptöffnungen, s. Fig. 886, eine Höhe von bzw.

Fig. 883 und 884. Pfeiler der Brücke über den Tamar bei Saltsch

33,38 und 40,76 Mtr. von der Fundamentsohle bis zum Niveau der Balken erhalten. Dieselben sind gemauert, haben bis 1 Mtr. über den höchsten Wasserstand eine elliptische, darüber eine rechteckige Querschnittsform und sind mit je einem, der größeren Festigkeit wegen mit gußeisernen Platten bekleideten, Portikus bekrönt, worauf die großen Blechträger liegen und durch welchen die Züge gehen.

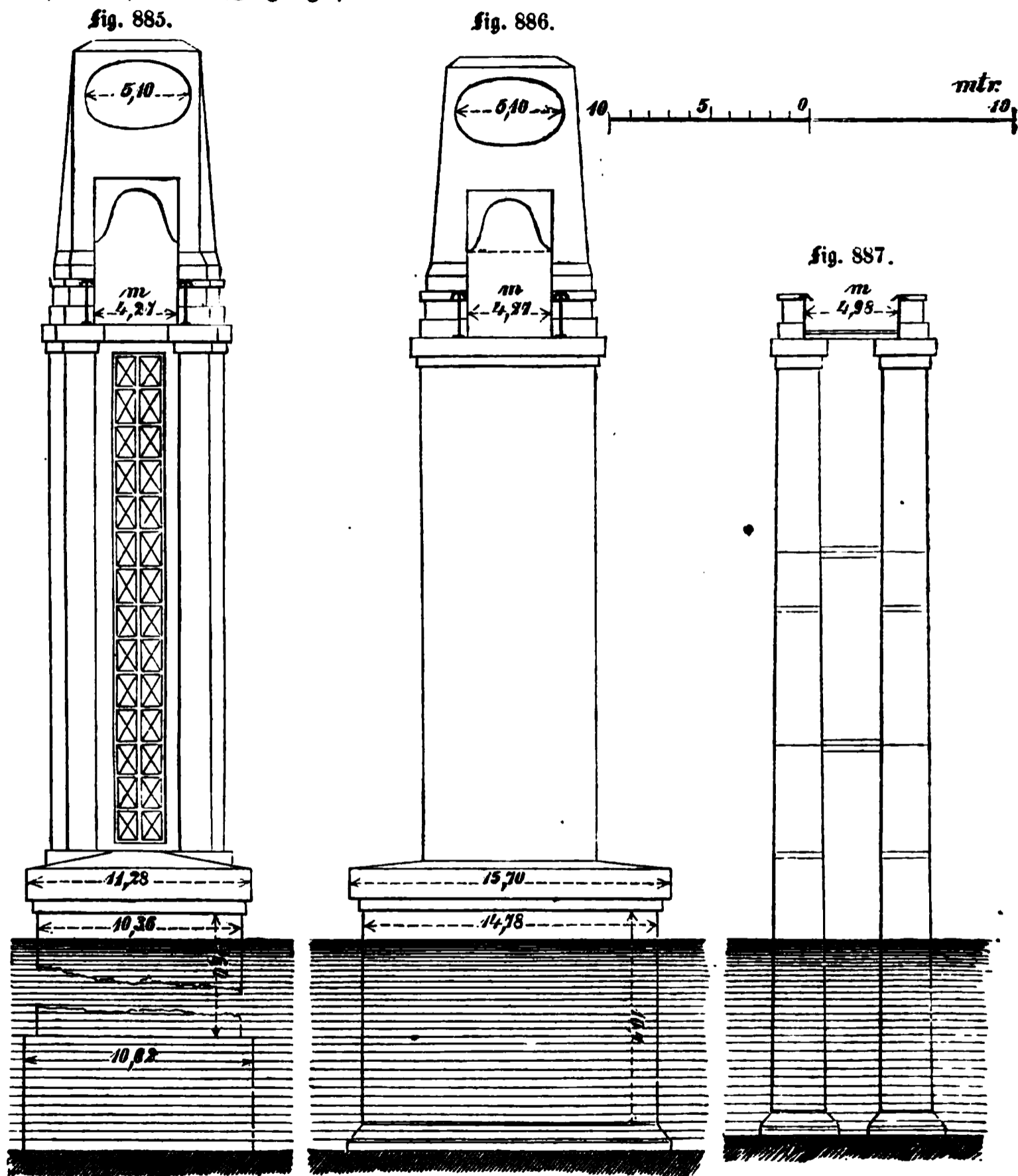
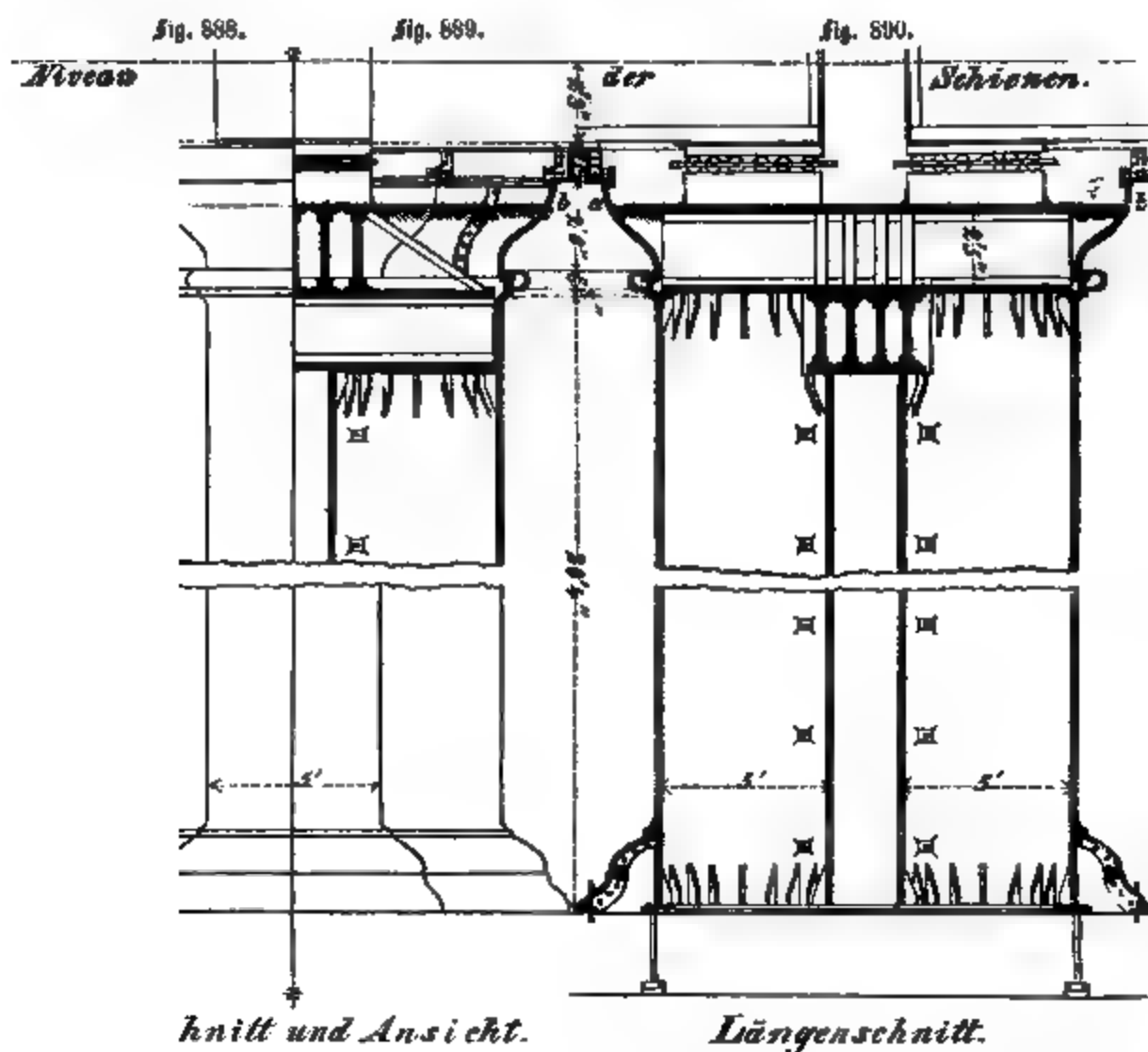


Fig. 885 bis 887. Pfeiler der Brücke über den Camar bei Saltaß.

Der zur Aufnahme des halben Gewichts der beiden, hier zusammenstoßenden Hauptträger bestimmte und deshalb stärker angelegte Mittelpfeiler, s. Fig. 885, besteht aus zwei übereinander gesetzten, freisunden Grundmauern, deren untere 10,62 Mtr., deren obere 10,36 Mtr. Durchmesser hat und ein Gesimse trägt,

worüber sich vier achteckige, gußeiserne Säulen erheben, die zu zwei und zwei durch ein System gußeiserner Andreaskreuze verbunden sind. Ueber dem Gebälk dieser Säulen steht ein ähnlicher Portikus wie auf den Endpfeilern, welcher zur Passage der Büge sowie zum Auflager für die Hauptträger dient. Die mit ernstlichen Schwierigkeiten verbundene Gründung dieses Pfeilers, bei welchem sich der Felsen erst in einer Tiefe von 19,5 Mtr. unter dem niedrigsten Wasserstand vorfand und mit einer 3,2 Mtr. mächtigen Schlamm-
schicht bedeckt war, wird im dritten Abschnitt dieser Abtheilung besprochen werden. Die in Fig. 887 dargestellten Pfeiler der sich an die beiden großen Oeffnungen anschließenden Viadukte, wovon derjenige des rechten Ufers zehn, derjenige des linken Ufers sieben Oeffnungen hat, bestehen aus je zwei, völlig getrennten, jedoch durch schmiedeiserne Zugbänder und gußeiserne Einsatzstücke verbundenen Pilastern.

Eine, derjenigen des großen Mittelpfeilers der Saltashbrücke verwandte, Konstruktion haben die in Fig. 888 bis 892 dargestellten Strompfeiler der von den Ingenieuren Cubitt und Turner in den Jahren 1863/64 erbauten, auf Seite 231 und 232 bereits erwähnten und in den Figuren 395 und 396 dargestellten Brücke der London-Chatam-Dover-Eisenbahn über die Themse bei Blackfriars¹⁹⁸⁾ zu London erhalten. Während die Landpfeiler dieser Brücke massiv aus Ziegel- und Konkret-Mauerwerk hergestellt wurden, bestehen die Strompfeiler aus je drei besondern, nur an ihrem oberen Ende durch 2 starke schmiedeiserne Querbalken mit einander verbundenen, in der Stromrichtung 8,15 Mtr. (26' 9" engl.) von Arc zu Arc entfernten Pfeilern, wovon jeder auf einer 1,52 Mtr. (5' engl.) starken, 6,4 bis 7,0 Mtr. (21 bis 23' engl.) Durchmesser haltenden Konkretlage ruht und aus einem unteren, mit festen Ziegeln und Cement gemauerten, bis 0,61 Mtr. (2' engl.) unter den niedrigsten Wasserstand reichenden Cylinder von 10,67 Mtr. (35' engl.) Höhe und 5,49 Mtr. (18' engl.) Durchmesser, aus einem oberen, mit Quadern gemauerten, bis 1,83 Mtr. (6' engl.) über den höchsten Wasserstand reichenden Cylinder von 7,82 Mtr. (25' 8" engl.) Höhe und 5,33 Mtr. (17' 6" engl.) Durchmesser und aus einem Pfeileraufsatz von vier, unter sich verbundenen, mit dem Quadermauerwerk durch Steinbolzen verankerten, gußeisernen Säulen besteht. Die Steine der Quaderschicht wurden schwalbenschwanzförmig bearbeitet und durch messingene Klammern unter einander verbunden. Die in einem Stück gegossenen Säulen haben 1,52 Mtr. (5' engl.) äußeren Durchmesser bei einer Wandstärke von 3,13 Cmt. (1 1/4" engl.) unter den Säulenträgern und von 3,75 Cmt. (1 1/2" engl.) unter den Mittelträgern. Das Innere der Säulen und ihrer Zwischenräume ist zur Vermehrung ihrer Steifigkeit und Standfähigkeit mit einem Mauerwerk aus den festesten Backsteinen und einem Mörtel von reinem Flußsand und Portlandcement ausgefüllt. Der obere Theil dieses Ziegelmauerwerks



horizontal schnitt.

Daraufsicht.



2. Pfeiler der London-Chatham-Dover-Eisenbahn über die Themse bei Blackfriars zu London.

ist stromauf- und stromabwärts abgescrägt, um das Regenwasser durch gußeiserne Röhren mit 7,5 Cmt. (3" engl.) Durchmesser, welche in den aus Eisenblech gebildeten Kapitälern jeder Säulengruppe angebracht sind, abzuleiten. Auch die Säulensfüße sind mit Sockelgesimsen aus Eisenblech versehen.

Zu den gußeisernen Säulenpfeilern können auch diejenigen gerechnet werden, welche von den Gebrüdern Seguin zur Unterstützung der Tragbalken der im Jahre 1837 erbauten, auf Seite 192 und 193 hinsichtlich ihrer Träger beschriebenen und in Fig. 299 bis 305 abgebildeten, Drahthängbrücke über die Seine in Conflans St. Honorine¹⁹⁹⁾ angewendet worden sind und auf einem, mit dem steinernen Unterbau verankerten, gußeisernen, cylindrisch ausgekerbten, 0,2 Mtr. hohen Fuße ruhen und sich auf demselben um ihren, in eine jener cylindrischen Auskerbung entsprechende cylindrische Schneide auslaufenden, Fuß drehen. Die in Fig. 893 bis 897 dargestellten Tragsäulen dieser Brücke sind 8,28 Mtr. hoch und bestehen aus fünf Stücken, deren unteres den 0,56 Mtr. hohen, in Fig. 895 und 897 dargestellten Fuß, deren oberes den in Fig. 894 und 896 dargestellten, durch fünf vertikale, mit Zwischenräumen für den Durchgang der Laue versehene, dreiseitige Stücke gebildeten Kopf und jedes der drei übrigen Stücke einen mit Flanschen versehenen Theil des hohlen Schafts darstellt, welche durch Bolzen zu einem Ganzen vereinigt sind.

Fig. 893. Tragsäulen der Hängbrücke über die Seine in Conflans St. Honorine.

Fig. 896

Fig. 894.

Fig. 897

Fig. 895.

Fig. 894 bis 897. Details der Tragsäulen der Hängbrücke über die Seine in Conflans St. Honorine.

II. Die gußeisernen Röhrenpfeiler.

aufe der vierziger Jahre wurden zunächst in England die Fundamente enpfeilern aus cylinderförmigen, eisernen Röhren hergestellt, die man sendung verdünnter oder verdichteter Luft bis auf den festen Baugrund. Ein Beispiel der ersteren, dem Dr. Potts patentirten Versenkungs- der im Jahre 1847 ausgeführte Viadukt in der Chester-Hol- senbahn auf der Insel Anglesea, bei welchem 19 gußeiserne n 4,88 Mtr. (16' engl.) Länge und etwas über 0,3 Emtr. (1' engl.) Durchmesser bis auf den festen Grund versenkt und oben durch den, fernen Platten gebildeten, zur Aufnahme des Mauerwerks bestimm- verbunden wurden. Die Röhrenpfähle selbst wurden nach und nach, ligen Einsinken entsprechend, aus etwa 2,7 Mtr. (9' engl.) langen n Röhrenstücken, deren unterstes unten einen nach außen gekrümmen, rmigen Rand hatte, mittels einer Flansche und Bolzen zusammenge- nd nach der Einsenkung mit Beton ausgefüllt.

gußeisernen Röhren in den Fundamenten der im Jahre 1847 ge- auf Seite 99 bereits erwähnten Brücke über den Medway bei r erhielten den bedeutenderen Durchmesser von 2,13 Mtr. (7' engl.) tr. (9' engl.) Abstand von Mitte zu Mitte, bestehen aus 2,7 Mtr. hohen, über einander gesetzten Cylindern und waren die ersten, itels verdichteter Luft versenkt wurden. Die einzelnen Cylinder die- 1 waren an ihren Rändern mit Flanschen versehen, wurden mittels ammengeschraubt und diese nach deren Einsenkung ebenfalls mit Beton n.

Anwendung gußeiserner, aus einzelnen Stücken zusammengeschaub- ton gefüllter Röhren zu den Fundamenten der beiden vorgenannten hrten bei der im Jahre 1849 erbauten, auf Seite 235 und 237 bereits und in Fig. 407 bis 413 dargestellten, Brücke über die Themse bei r zur Herstellung von ähnlich zusammengesetzten, durch Ausbaggern und ausgegossenen Röhren, welche die Fundamente und zugleich die fer Brücke bildeten. Wie aus dem Grundrisse in Fig. 408 derselben, ruht jedes Ende der drei Träger dieser schiefen, zweigleisigen Brücke 2,7 Mtr. von Mitte zu Mitte hinter einander stehenden, stärkeren ilern, die hölzernen Träger jedes der beiden, die Brücke mit den Erd- rbindenden, Viadukte auf drei schrägen Reihen mit je 5 schwächeren n Säulen. Außerdem ist zwischen jene, die äußersten Enden der drei rfnehmenden, stärkeren Röhrenpfeiler je eine solche schwächere, guß- ule eingeschaltet. Die Cylinder, woraus jene stärkeren Röhrenpfeiler Mtr. äußerem und 1,772 Mtr. innerem Durchmesser oder 2,8 Emtr.

Wandstärke bestehen, sind, wie Fig. 413 zeigt, an ihren Ständern mit abgesteiften Flanschen versehen und, wie sich aus Fig. 411 ergibt, mittels Bolzen untereinander verschraubt. Das Innere dieser Röhren ist bis zur Höhe des oberen Randes mit Beton ausgegossen, welcher sich mit dem Eisen erfahrungsgemäß trefflich verbindet, und oben mit einem aus 5 Segmenten be-

Fig. 898.

stehenden Holzpolster abgeschlossen, worauf bei den beweglichen Auflagern die Rollenstühle mit den 4,445 Mtr. langen, 7,61 Cmt. hohen, aus zwei Lagen bestehenden Holzsätteln zur Auflage der Trägenden und bei

Fig. 900.

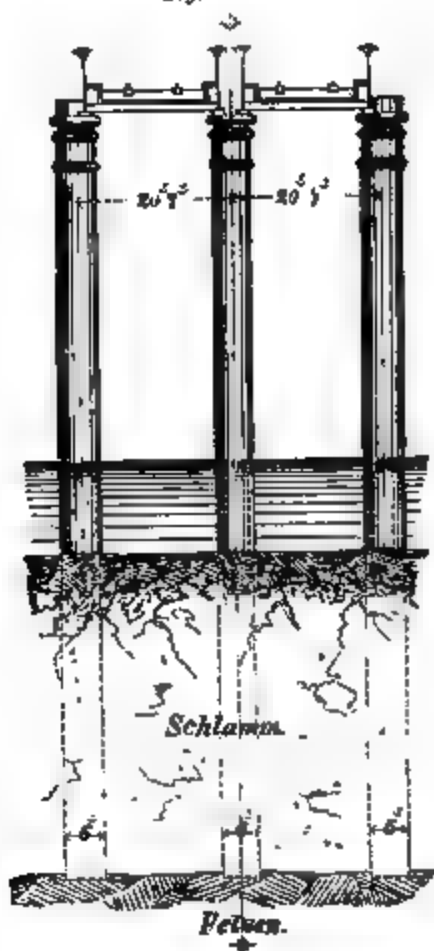


Fig. 899.

Fig. 899 bis 900. Pfeiler der Brücke über den Wyh bei Chépstow.

den festen Auflagern diese letzteren direkt ruhen. Die Kapitäle dieser Pfeiler sind theils durch horizontale, an die obersten Cylinder angegossene Bänder, theils durch angelegte, gebogene, im Innern durch schmiedeeiserne Rippen versteifte Eisenbleche gebildet.

Von ungleich bedeutenderer Höhe sind die 1,83 Mtr. (6' engl.) weiten, Seingerling. Brücken in Eisen.

bis zu 39,62 Mtr. (130' engl.) hohen, in Fig. 895 bis 897 dargestellten, eisernen Röhrenpfeiler, welche Brunel bei der, in den Jahren 1850 bis 1852 erbauten, auf Seite 226 bis 228 bereits erwähnten und in den Figuren 371 bis 388 dargestellten, zweigeleisigen Brücke über den We bei Chepstow anwandte und am Ufer, durch Ausgraben des Bodens in ihrem Innern, wie Brunnen, in dem Flusse, durch Auspressen des Wassers mittels komprimirter Luft und hierdurch ermöglichter Ausschöpfung des Schlammes und Bodens aus ihrem Innern, mit Hülfe ihres eigenen Gewichts auf den 15,24 bis 18,29 Mtr. (50 bis 60' engl.) unter der Flußsohle befindlichen Felsen versenken und hierauf mit Béton ausfüllen ließ. Wie aus den Figuren 371 und 372 hervorgeht, ruht der über dem Flußbett befindliche Theil der beiden nebeneinander liegenden Hauptträger auf sechs, die Fahrbahn des sich daran anschließenden Viadukts mit drei Oeffnungen sowol an den Zwischenstützpunkten, als an dem der Stadt Chepstow zugekehrten Ufer auf je drei solcher Röhren. Die sechs Röhren des Hauptpfeilers sind in der Stromrichtung, außer durch die schmiedeeisernen, I-förmigen Querträger der Fahrbahn, zu je vier und vier durch wagrechte schmiedeeiserne Diagonalversteifungen mit gleichfalls I-förmigem Querschnitt und wagerchten Zugstangen mit Schraubenmuttern; senkrecht zur Stromrichtung durch gußeiserne, in der Höhe der Kapitäle angebrachte, unter sich verschraubte Kästen verbunden. Sowol das stromaufwärts, als das stromabwärts stehende Röhrenpaar ist mit zwei kürzeren, bis zum höchsten Wasserstand reichenden, in der Stromrichtung und Pfeileraxe versenkten Röhrenpaaren durch eiserne Bänder verbunden, welche die Stabilität des Röhrenpfeilers befördern und diesen letzteren mit einer hölzernen, oben und unten keilförmig endigenden, durch schmiedeeiserne Querstangen zusammengehaltenen Schutzwand zur Sicherung vor Eisstoß umgeben.

Im Jahre 1852/53 erbaute Stephenson in der ägyptischen Eisenbahn von Alexandria nach Kairo über den Nilarm von Damiette in der Nähe von Benha eine Brücke²⁰⁰⁾ mit einer Fahrbahn aus einem System eiserner, 1,98 Mtr. (6' 6" engl.) hoher Kastenträger, welche auf ebenfalls eisernen Mittelpfeilern ruhen, s. Fig. 901 bis 905. Diese Mittelpfeiler bestehen aus je 2 Röhren von 2,13 Mtr. (7' engl.) Durchmesser, welche nach Art der Brunnen etwa 10,67 Mtr. (35' engl.) unter den niedrigsten Wasserspiegel versenkt wurden. In der Mitte der Brücke befindet sich eine, in den Figuren 902 bis 905 dargestellte Drehvorrichtung, um der Schifffahrt freien Durchgang zu gestatten. Als Auflage für die geöffneten zwei Joche ist flußauf- und flußabwärts je ein ähnlicher eiserner Pfeiler angebracht, welche mit dem Drehpfeiler durch ein hölzernes Rahmenwerk verbunden sind, das auf der Höhe des niedrigsten Wasserstandes liegt und die nöthige Stabilität bezweckt. Eine ähnliche Anordnung befindet sich auch an

Fig. 902.

Fig. 905.

Fig. 904.
Fig. 901 bis 905. Pfeiler der Brücke über dem Nil bei Benha.

demjenigen Pfeiler, welcher dem Drehpfeiler zunächst liegt und aus vier Röhren besteht. Auch hier steht ober- und unterhalb der Brücke ein isolirter und verrahmter Pfeiler, welcher den gleichen Zweck, wie die vorerwähnten, erfüllt. Zugleich ist durch diese festen Rahmen, wie durch Abweiser, die Fahrbahn für die durchfahrenden Schiffe genau bezeichnet und die Brücke vor Beschädigungen geschützt.

Auch die im Jahre 1856 von Redmann erbaute eiserne, dem Verkehr der zahlreichen Dampfschiffe, welche täglich zwischen London und der Themsemündung verkehren, dienende Landungsterrasse von Gravesend²⁰¹⁾ bei London, welche aus vier 76,25 Mtr. langen, 61 Mtr. in den Fluß hineingebauten, bedachten Hallen von 9,15 Mtr. lichter Breite und aus einer, an der Flußseite angebrachten, 27,45 Mtr. langen und 9,15 Mtr. breiten Quergalerie besteht, ruht auf 22 gußeisernen Säulen, welche durch gußeiserne, im Querschnitt I-förmige Balken, worauf der Fußboden der Terrasse liegt, verbunden sind. Vor der Quergalerie sind zwei Treppen angebracht, auf welchen die Reisenden zu den Schiffen gelangen. Sämmtliche Säulen, die nur 4,6 Mtr. hohen Säulen am Ufer ausgenommen, haben eine Höhe von 8,55 Mtr. und einen Durchmesser von 1,22 Mtr. am Fuß- und von 0,91 Mtr. am Kopf-Ende. Unter sich sind die Säulen über ihren Kapitälern, deren oberer Theil 2,44 Mtr. über dem höchsten Wasserstande liegt, durch ein wagerechtes gußeisernes Kreuzbandsystem und zwischen ihren Schäften durch schmiedeeiserne Kreuzbänder verbunden, wodurch man sie zugleich in ihrer senkrechten Stellung erhält. Um dieselben aufzustellen, wurden besondere gußeiserne Gründungscylinder mittels Hebezeugen aus einzelnen Ringen zusammengesetzt, zwischen Führungen mittels abwechselnder Belastung und Ausbaggerung ihres Innern durch die aus Schlamm, gelbem Sand, Kies und Gerölle bestehenden oberen Schichten des Flußbetts bis auf den festen Kalkfelsen gesenkt, hierauf durch Saugpumpen von Wasser entleert und mit einem Mauerwerk ausgefüllt, das, wie die Figuren derselben im dritten Abschnitt zeigen, bei den Säulen der Quergalerie zu unterst aus Romancement, bei den übrigen Säulen aus einem 2,1 Mtr. hohen Bétonkörper bestand, worauf man einen etwa 2,15 Mtr. hohen Block aus Ziegeln und Puzzuolane, durch dessen Mitte eine, an ihrem unteren Ende mit einem Anker versehene, eiserne Stange ging, auführte, mit einer als Basis der gußeisernen Säulen dienenden Hausteinplatte bedeckte und hierauf das obere Ende des Mauerankers mit der Basis der darauf gestellten gußeisernen Säulen verschraubte.

Um das Jahr 1855 fand das Verfahren, Brückenpfeiler aus Gußeisen herzustellen und diese unter Mitwirkung der atmosphärischen Luft zu versenken, auch Anwendung in den Vereinigten Staaten, insbesondere bei der Erbauung der Brücke über den Great-See-Dee²⁰²⁾ mit zwei ungleichen Oeffnungen von 39,6 und 41,15 Mtr., einer Zugbrücke für eine Oeffnung von 21,35

Mtr. Weite zum Durchlassen der Dampfboote, zwei vorläufig aus Holz konstruirten Widerlagspfeilern aus vier gekuppelten, nach der Längensaxe der Brücke zu je zwei sich berührenden und nach der Breite der Brücke um 3,05 Mtr. von einander abstehenden Röhren und einem aus drei, 60 Cmtr. im Lichten von einander abstehenden Röhren bestehenden Zwischenpfeiler. Die Röhren bestehen aus 2,75 Mtr. langen, gußeisernen Cylindern mit 1,83 Mtr. äußerem und 1,73 Mtr. innerem Durchmesser oder 5 Cmtr. Wandstärke, welche an den 5 Cmtr. breiten Kränzen durch Bolzen verbunden sind. Nur die Höhe des oberen Stücks, welches mit den Köpfen aller übrigen in einem Niveau liegen muß, variiert mit der Tiefe der Einsenkung des Pfahls, während die Wandung des untersten, um das Eindringen in den Boden zu erleichtern, abgeschrägt ist. Die Versenkung dieser Pfeiler in den Sand, bis auf 4 Mtr. im Mittel, war mittels des Pott'schen Verfahrens unter Anwendung verdünnter Luft begonnen und beendet worden, während man bei der Versenkung einer Röhre auf einen im Flußbett liegenden Baumstamm gestoßen und, um denselben zersägen zu können, zur Auspressung des Wassers unter Anwendung verdichteter Luft genöthigt worden war.

Um diese Zeit hatte man auch in Frankreich bei Erbauung von Blechbalkenbrücken zur Unterstützung der Träger gußeiserne Röhrenpfeiler angeordnet und durch den Unternehmer E. Guin zu Batignolles bei Paris mit Anwendung von komprimirter Luft ausführen lassen.

In Oesterreich erfolgte die erste Einsenkung eiserner Brückenpfeiler, welche man wegen der großen Entfernung von Pesth, von wo die Quader herbeizuschaffen gewesen wären, den steinernen vorgezogen hatte, mittels komprimirter Luft, unter Leitung von Cesanne, im Jahre 1857 durch denselben Unternehmer bei dem Bau der, auf Seite 335 bis 338 erwähnten und in Fig. 794 bis 808 dargestellten, Brücke über die Theiß bei Szegedin²⁰³⁾, deren sieben Zwischenpfeiler (s. Fig. 906 bis 912) aus je zwei, nach der Stromrichtung gestellten, durch je zwei schmiedeeiserne Rahmen mit Andreaskreuzen unter sich verbundenen, gußeisernen Cylinderröhren von je 3,16 Mtr. (10' österr.) Durchmesser, von 20,48 Mtr. (65' österr.) Höhe und einem oberen, zur besseren Auflagerung der Blechbogenträger vierseitig geformten, schmiedeeisernen Theile besteht. Jene Röhren setzen sich aus einzelnen Trommeln von 1,82 Mtr. Höhe zusammen, die mittels einer abgehobelten Flansche zusammengeschraubt sind und wovon nur die untersten, um leichter in den Grund eindringen zu können, eine abgerundete Schneide besitzen. Zur Abschliefung der verdichteten Luft waren die Fugen der Trommeln mittels Einstemmens von Eisenfitt luftdicht verkittet, welcher im Sommer 2, im Winter 8 Tage zu der erforderlichen Erhärtung brauchte, worauf er mit der Feile bearbeitet und polirt werden konnte: ein Zeitverlust, welchem man bei Erbauung der Brücke über die Garonne bei Bordeaux dadurch entging, daß man den Eisenfitt durch eine Schnur von Kautschuk ersetzte, welche man

Fig. 912.

Fig. 907.

Fig. 909.

Fig. 906 bis 912. Pfeiler der Brücke über die Elbe bei Magdeburg.

in eine besondere Rinne des Flansches legte. Hinsichtlich der Stoßverbindung der Trommeln erwiesen sich einzelne Verstärkungsrippen des Flansches mit dem Cylinder wegen der sich darin beim Gießen festsetzenden, leicht gefährliche Höhlungen erzeugenden Gasblasen weniger empfehlenswerth, als eine Verstärkung der Flanschen. Die Tragfähigkeit der Röhren wurde durch ein Pfahlwerk aus je 12 tannenen Pfählen im Innern derselben sowie durch eine Ausfüllung derselben mit Béton unterstützt. Zur Vermeidung von Unterspülungen wurden die Röhrenpfeiler mit einer Béton- und Steinschüttung umgeben und vor Eisstoß durch hölzerne Eisbrecher geschützt. Unter die Lieferungsbedingungen des Gußeisens hatte man auch die aufgenommen, daß dasselbe eine Seitenpressung von $\frac{1}{6}$ seiner Zugfestigkeit aushalten sollte, während diese zu 507 Kg. per □ Cmtr. (6286 Pfd. per □" österr.) angenommen war. Mit Rücksicht hierauf war die Wandstärke der Trommeln zu 3,53 Cmtr. (1,34" österr.) festgesetzt, indem man annahm, daß die an ihren beiden Enden befestigte Säule in der Höhe der Bogenkämpfer durch die größte, zwischen den Horizontalschublen der Bögen stattfindende Differenz gebogen werden könne. Diese Voraussetzung wurde bei den für die Stabilität der Pfeiler ungünstigsten Probebelastungen, wobei jede einzelne Oeffnung mit 8916 Kg. per lfd. Mtr. (5031 Pfd. per lfd. ' österr.)- beschwert wurde, während alle übrigen Oeffnungen belastet blieben, bestätigt, indem sich hierbei ergab, daß alle Pfeiler in der Höhe der Kämpfer der belasteten Oeffnung 0,39 Cmtr. (0,15" österr.) ausbogen, während die Ausbiegungen der beiden nächstfolgenden Pfeiler nur 0,16 Cmtr. (0,06' österr.) betrugen und bei den weiter folgenden Pfeilern rasch abnahmen.

Bereits um das Jahr 1858 wurde in Frankreich die Anwendung von gußeisernen, unter Anwendung von verdichteter Luft versenkten Röhren statt tief zu gründender, gemauerter Brückenpfeiler als das billigste und schnellförderndste Verfahren zur Herstellung der Unterstützung von Brückenträgern angesehen.

In dieses Jahr fällt die Erbauung der, anstatt einer 20 Mtr. flussaufwärts gelegenen, durch das Hochwasser des Jahres 1856 fortgerissenen, prachtvollen steinernen Brücke, zur Vermittelung des Flußübergangs in der Eisenbahn von St. Germain-des-Fossés nach Clermont und Brioude dienenden, auf eisernen Röhrenpfeilern (s. Fig. 913 und 914) ruhenden Blechbrücke über den Allier bei St. Germain-des-Fossés²⁰⁴). Das außerordentlich bewegliche, aus auf große Tiefen unterspülbarem Sande bestehende Flußbett des, durch seine fast periodischen und plötzlichen Hochwasser verheerenden und den Bestand der über ihn gespannten Brücken leicht gefährdenden Allier veranlaßten die Annahme 40 Mtr. weiter Hochfelder und die 3 bis 4 Mtr. tiefe, pneumatische Einsenkung der Röhrenpfeiler in das noch unter der beweglichen Sandschicht liegende, unpreßbare und nicht zu unterwaschende Mergellager des Flußbetts. Die Brücke

Abtheilung. Zweiter Abschnitt. Die Pfeiler der eisernen Brücken.

11 durchlaufenden, 8,8 Mtr. von einander abstehenden, über zwei Verlagspfeiler, über sechs Oeffnungen von je 40 Mtr. Spannweite aus je zwei 8,8 Mtr. von Axe zu Axe entfernten Röhren bestehender gestreckten Blechballen mit I-förmigem Querschnitt, welche Eisenblech bestehende, im Querschnitt I-förmige, durchschnittlich 11 in einander entfernte Querbalken und vier, unter den Schienen-

3 und 914. Pfeiler der Brücke über dem Alter bei St. Germain-des-Prés.

12 fende Längsträger mit 15 Cmt. starken, quergelegten, mit den 13 ten Bohlen und breitbasigen Schienen aufnehmen. Jede Säule 14 ler besteht aus einem unteren, 9,5 Mtr. hohen Cylinder von 3 15 fer und 3 Cmt. Wandstärke und einem oberen, 7,5 Mtr. hohen, 16 isches Zwischenstück mit jenem ersteren verbundenen Cylinder

von 2,5 Mtr. Durchmesser und von 4 bzw. 3 Cntr. Wandstärke, je nachdem die Säule stromauf- oder abwärts steht. Die Zusammensetzung der Säulen ist durch 1 Mtr. hohe Tambours mittels Flanschen und Bolzen, die Querverbindung je zweier Säulen durch einen horizontalen, von gleichfalls gußeisernen Balken und Konsolen getragenen, gußeisernen Rahmen bewirkt.

Da seit dem Hochwasser von 1856 der Uebergang der Eisenbahnzüge auf einer provisorischen Brücke stattfand und deren bereits bedenklicher Zustand eine schnelle Vollendung der definitiven Brücke erforderte, so wurde die Einsenkung der Röhrenpfeiler mit Hilfe von, durch Gebläsemaschinen verdichteter Luft unter Anwendung einer Luftschleuse und zweier Krähne bewirkt, wovon der eine, in der Luftschleuse befindliche, zum Herablassen der leeren Körbe auf den Boden der Röhre und zum Aufziehen der, von je drei Arbeitern mit Boden gefüllten, Körbe auf den Schleusenboden durch je vier Arbeiter, der andere, über der Luftschleuse befindliche zum Aufziehen der gefüllten Körbe aus der Luftschleuse und zum Herablassen der, zuvor in den Fluß entleerten, Körbe auf den Boden der Luftschleuse bestimmt war.

Die Luftschleuse war außerdem mittels einer, in dem oberen Deckel angebrachten, starken Glaslinse erleuchtet, mit je einer Klappe zum Aus- und Einsteigen der Arbeiter im unteren und oberen Boden und zwei, in ihrem Inneren angebrachten Lusthähnen zum abwechselnden Aus- und Einlassen der verdichteten Luft versehen. Im Inneren der Röhre befanden sich Leitern, auf welchen, nach hinreichender Auspressung des Wassers, das im Sandboden leicht unter dem unteren Rande der Röhre, im Mergelboden durch einen im Inneren derselben angebrachten Heber entwich, die mit ihren Werkzeugen und Leuchten versehenen Arbeiter auf den Boden der Röhre gelangten. Der durch die Kompression der inneren Luft entstehende Auftrieb der Röhre wurde durch bedeutende, auf einen zwischen Luftschleuse und Röhre eingeschalteten, vorspringenden Ring, den sogenannten Halskragen, aufgelegte segmentförmige Gewichte verhindert, welche zugleich das Einsinken der Röhre unterstützten. Wenn die Arbeiter den Boden bis zum untern Rande entfernt hatten und dann aus der Röhre gestiegen waren, wurde durch Öffnung der Hähne ein Entweichen der komprimierten Luft aus dem Innern der Röhre und hierdurch theils ein Austreiben des zwischen dem untern Rande der Röhre befindlichen Bodens auf 0,3 bis 5 Mtr., theils ein mit der Beschaffenheit des Bodens variirendes Einsinken der Röhre um 0,015 bis 0,8 Mtr. bewirkt, worauf jedesmal wieder das Ausschöpfen des eingetretenen Erdfropfs durch die Arbeiter erfolgte. Nach hinreichender Einsenkung jeder Röhre wurde dieselbe mittels der zur Bodenförderung gebrauchten Körbe mit hydraulischem Béton gefüllt, wobei man denselben etwa bis zur Höhe des äußern Was-

theilung. Zweiter Abschnitt. Die Pfeiler der eisernen Brücken.

er komprimirten Luft, von da ab unter dem gewöhnlichen Luft-
. Die Bétonkörper wurden hierauf mit zwei behauenen Stein-
t, worauf die Stützplatten der Brückenträger ruhen. Die Dauer
einer Röhre war verschieden und wurde in 11 bis 21 Tagen

Fig. 915 und 916. Pfeiler der Brücke über den Allier bei Montins.

ie Zeit wurde auch die, von der Gesellschaft J. F. Gaille u. Cie
Brücke über den Allier und über den Cher in der Eisen-
lins nach Montluçon²⁰⁵⁾ ausgeführt, von welchen die letz-
hre vier, die beiden Pfeiler bildenden Röhren mittels zweier,
bewegenden Lokomobilen von 5 bis 6 Pferbekräften aufgestellt
den waren, in 2 Monaten vollendet wurde.

nannte Brücke hat sieben Oeffnungen von je 40 Mtr. und
n von je 18,25 Mtr. Breite und besitzt einen Ueberbau aus

zwei großen, fortlaufenden Trägern von Eisenblech, welche von acht gußeisernen Röhrenpfeilern und zwei massiven Widerlagern getragen werden und durch gleichfalls aus Eisenblech bestehende Querträger mit Längsträgern verbunden sind. Die Pfeiler bestehen, wie Fig. 915 und 916 zeigen, aus je zwei gußeisernen Röhren, die aus Ringen von 2 Mtr. Durchmesser im oberen und von 2,5 Mtr. Durchmesser im unteren Theile zusammengesetzt und im Inneren verbolzt sind. Je zwei, im Innern durchweg mit Béton ausgefüllte Röhren eines Pfeilers sind nach der Breite der Brücke durch je ein Andreaskreuz verbunden. Um das Eindringen der Röhren in das Erdreich zu erleichtern, gab man dem untern Ringe bei 40 Cmtr. Höhe eine Stärke von nur 1 Cmtr., den übrigen Ringen bei 1 Mtr. Höhe eine Stärke von 2,5 Cmtr. an den stromabwärts und, zur größeren Widerstandsfähigkeit gegen Stöße schwimmender Körper, eine Stärke von 5 Cmtr. an den stromaufwärts stehenden Säulen.

Auch auf der russischen Eisenbahnlinie *Ch d t k u h n e n - R o w n o - W i l n a - D ü n a b u r g*, welche zwischen *D o l n a f r e d a* und *R o w n o* den *N i e m e n* unter einem Winkel von $68^{\circ}41'$ mittels einer doppelgleisigen Brücke²⁰⁶⁾ überschreitet, kamen in den Jahren 1859/62 unter der Leitung von *C e s a n n e* durch die Unternehmer *E. G o u i n* u. *C i e* gußeiserne Pfeiler (s. Fig. 917 bis 923) zur Unterstützung der vollen Blechträger zur Ausführung. Diese Brücke besitzt sechs Oeffnungen, wovon die beiden, 10,47 Mtr. (35' russ.) weiten äußersten zu Wegunterführungen, die vier mittleren, 65,38 Mtr. (214,5' russ.) in den beiden äußeren und 73,15 Mtr. (240' russ.) in den beiden mittelften weiten, Oeffnungen zum Stromdurchgang dienen. Der eiserne Oberbau stützt sich an beiden Enden auf massive Widerlagspfeiler von Granit und Ziegelmauerwerk und auf fünf Paar gußeiserne Röhren von 3,4 Mtr. (11' 2" russ.) bzw. 3,1 Mtr. (10' 1" russ.) äußerem Durchmesser, welche unter Anwendung von komprimirter Luft auf eine mittlere Tiefe von 9,75 Mtr. (32' russ.) versenkt sind und sich 10,82 Mtr. (35½' russ.) über den mittleren Wasserstand erheben. Sie sind in ihrer ganzen Höhe mit Béton gefüllt, durch doppelte Andreaskreuze aus starken Eisenblechen mit aufgesetzten Winkleisen zu je zwei zu einem Strompfeiler verbunden und werden durch drei, auf eben solchen Röhrenpaaren, wie die Strompfeiler, fundirte Eisbrecher vor Beschädigungen durch Eisgänge gesichert. Von den Säulenringen, die in Höhen von 1,42, 0,85 und 0,46 Mtr. (4⅔', 2¾' und 1½' russ.) verwendet wurden, bestand jeder einzelne aus vier gußeisernen, im südlichen Frankreich gegossenen, mit senkrechten Verstärkungsrippen und an allen vier innern Kanten, zur Verbindung mittels Schraubenbolzen, mit Flanschen versehenen Segmenten. Die Eisbrecher sind aus starken gußeisernen Platten, welche, wie die Cylinderstücke der Säulen, zum gegenseitigen Verbolzen mit Flanschen und Verstärkungsrippen versehen sind, konstruirt, wurden mit einer 50 Cmtr. (20" russ.) hohen, ringsum mit Béton vergossenen, auf den

Fig. 917 bis 923. Pfeiler und Stützwerke der Brücke über den Rheinen bei Rheinfelden.

Säulen angebrachten Steinschicht durch starke Bolzen verbunden, mit den Brückenpfeilern vernietet und hierdurch ein zusammenhängendes, widerstandsfähiges Ganze gebildet. Die Einsenkung der Röhren erfolgte in der, bei der Gründung der Szegediner Brücke angewandten Weise, welche jedoch durch die Anwendung besonderer Luftverdichtungscylinder im Inneren der

Fig. 224. Pfeiler der Brücke über die Seine bei Argenteuil.

Röhren, wodurch das zu verdichtende Luftquantum auf ein Minimum beschränkt wurde, sowie durch die Belastung der Röhren mit Wasser, statt mit eisernen Gewichten, wesentlich vervollkommenet worden war. Eine weitere Vervollkommenung erfuhr die Einsenkung eiserner Röhren zur Herstellung von Brückenpfeilern durch die in den Jahren 1859 bewirkte, im dritten Abschnitt

dieser Abtheilung näher betrachtete Gründung der Rheinbrücke zwischen Kehl und Straßburg, sowie bei der, in den Jahren 1862/63 erbauten, mit Röhrenpfeilern

Fig. 925 und 926. Mollenkühl der Brücke über die Seine bei Argenteuil.

bei Argenteuil

versehenen Gitterbrücke über die Seine bei Argenteuil in der Linie Paris - Pontoise - Dieppe²⁰⁷). Diese Brücke besitzt zwei Oeffnungen von 30 Mtr. und drei Oeffnungen von 40 Mtr. Breite, sowie einen eisernen Ueberbau aus Gitterträgern, der auf massiven Widerlagern und vier Röhrenpfeilern, s. Fig. 924, 927 und 928, mit den nöthigen Kollstählen, s. Fig. 925 und 926, ruht. Jene Pfeiler bestehen aus je zwei gußeisernen Säulen von 8,8 Mtr. Axenentfernung mit 3,6 Mtr. Durchmesser unter und 3,2 Mtr. Durchmesser über Wasser, welche unter sich durch zwei, von einander getrennte, doppelte Andreaskreuze verbunden und bis auf einen kleinen unteren Theil der Röhre, welcher mit Quadern ausgemauert ist, mit Béton gefüllt sind. Sie bestehen aus Ringen von 1 Mtr. Höhe, welche im Innern mit Flanschen versehen und durch je 40 Bolzen mit einander verschraubt sind; nur der unterste Ring hat, zur Erleichterung des Einsenkens der

Fig. 928. Arbeitsglocke der Cylinder an der Brücke über die Seine bei Argenteuil.

Säulen unter das Flußbett, am unteren Ende eine Schneide und einen um 1 Emtr. größeren Durchmesser als die übrigen Ringe. Die Eisenstärke der stromabwärts stehenden Röhren beträgt 3,8 Emtr. mit Ausnahme des Schneideringes, der 5,5 Emtr., und des konischen Ringes, der 5 Emtr. stark ist; diejenige der stromaufwärts stehenden Röhren beträgt gleichfalls 3,8 Emtr. mit Ausnahme des ersten Rings unten und der ersten fünf Ringe über dem konischen Verbindungsstück, welche 5 Emtr., sowie des Schneideringes und konischen Ringes, welche bzw. 5,5 Emtr. und 5 Emtr. stark sind.

Das Versetzen dieser Röhren erfolgte mittels eines, im inneren und unteren Theile derselben befindlichen, glockenförmigen, gußeisernen Mantels, s. Fig. 928, welcher sich auf den unteren Flansch des zweituntersten Ringes stützte, mit dem untersten Ringe den Arbeitsraum für die Bodenlösung bildete und nach oben mit einer engeren, 1,1 Mtr. im Durchmesser haltenden Röhre in Verbindung stand. Nachdem der Zwischenraum zwischen Mantel und Röhre auf 1 Mtr. Höhe mit wagerechten Ringschichten aus festen, in den Lager- und Stoß-Flächen sauber bearbeiteten Werksteinen und Portlandcement ausgefüllt, hierüber der Mantel mit Werksteinen bekleidet und mit Béton in Portlandcement hinterfüllt worden war, versenkte man den so gebildeten Körper mittels vier, am Schneidering durch Bolzen und Hefel in gleichen Abständen befestigter, durch Schraubensätze regulirbarer, langschaffiger Ketten, setzte mit dem Fortschreiten des Eintauchens neue Ringe auf, und füllte dieselben mit Béton so aus, daß im Centrum ein Brunnen von 1,1 Mtr. ausgespart wurde, dessen Wandung aus einer später leicht zu entfernenden, auf das Schachtloch des Mantels sich stützenden Verzimmerung bestand. Nachdem der auf diese Weise gebildete Säulenkörper das Flußbett erreicht hatte und seinem Gewichte entsprechend noch in dasselbe eingesunken war, bewirkte man seine weitere Einsenkung durch Aufsetzen neuer Ringe und Ausfüllen derselben mit Béton so lange, als das Gesamtgewicht zur Ueberwindung der Reibung zwischen dem Boden und der Röhre hinreichte, ohne die Ketten mit mehr als mit je 20,000 Kg. zu belasten. Erst nachdem diese Grenze erreicht worden war, wobei die allmählig verlängerte Säule die Hälfte der Höhe ihres unteren Abzuges erreicht hatte, setzte man die Luftschleuse auf und begann die Senkung der Röhre mit Hilfe von komprimirter Luft, wobei die Arbeiter durch den in Béton ausgesparten Brunnen ein- und ausstiegen und den Boden fördereten. Nachdem die Röhre den festen Baugrund erreicht hatte, die Arbeitskammer von Schlamm gereinigt und der Boden geebnet war, wurde dieser mit einer 30 Emtr. starken Bétonschicht bedeckt, darauf die Arbeitskammer durch mehrere Cementschichten, zuletzt der Arbeitsschacht mit Béton ausgefüllt. Der Vortheil dieser Senkungsweise besteht sowol darin, daß der Füllbéton zugleich das zur Senkung nöthige Gewicht liefert und größtentheils an freier Luft eingebracht werden kann, als darin, daß der Schwerpunkt der Säule

sehr tief liegt und deshalb Abweichungen von der vertikalen Senkungsrichtung verhindert. Die durchschnittliche Senkung betrug 1 Mtr. während 24 Stunden, der Maximaldruck auf den erreichten Boden 2,37 Kg. p. □Cmtr., ein Druck, der jedoch durch die Seitenreibung nahezu aufgehoben wird. Drei Abtheilungen zu je 5 Mann, wovon je 3 auf dem Boden der Arbeitskammer mit Lösen des Bodens und Laden der Kübel, je 2 in der Luftschleuse zum Ausschütten derselben beschäftigt waren, lösten sich derart ab, daß auf vier Arbeitszeit jedesmal acht Stunden Ruhezeit folgte.

III. Die gegliederten gußeisernen Brückenpfeiler.

So ansehnlich zum Theil die Höhen waren, welche man den Pfeilern, z. B. der Saltsch- und Chepstow-Brücke, gegeben hatte und den Säulen- und Röhren-Pfeilern überhaupt zweckmäßigerweise noch geben konnte, so erheischten doch insbesondere die, durch den Bau von Eisenbahnen über tiefe und weite Thäler bedingten, größeren Pfeilerhöhen andere Konstruktionen.

Die ersten hohen Pfeiler, welche man in Gußeisen zur Ausführung brachte, scheinen die Zwischenpilonen der im Jahre 1839 vollendeten, auf Seite 194 bereits erwähnten und in den Figuren 306 und 307 dargestellten Drahthängenbrücke über die Dordogne zu Cubzac (s. Fig. 930 bis 946) zu sein. Sorgfältige, im Bett der Dordogne vor der Erbauung angestellte Sondirungen hatten das Vorhandensein einer 20 bis 25 Mtr. hohen Schlammsschicht ergeben, welche bei einem, bis zu 6 Mtr. Höhe sich steigenden Wasserstand und der daraus erwachsenden Möglichkeit gefährlicher Unterspülungen besondere Vorsicht bei der Pfeilergründung gebot. Da steinerne Pfeiler,



Fig. 933.



Fig. 936.

Fig. 938.



Fig. 940.



Fig. 943.



Fig. 930 bis 946 Pfeiler des Hängebrücke über die Bordsogne bei Tuzon.
Heinzerling, Brücken in Eisen.

von mindestens 6 Mill. Kg. Gewicht, den Baugrund bedeutend belastet und eine Anzahl von 480 Grundpfählen erfordert haben würden, so entschloß sich von Vergès, der Erbauer der Brücke, um das Gewicht der Strompfeiler auf 2 Mill. Kg. reduzieren und die Zahl der Grundpfähle auf 160 vermindern zu können, zur Errichtung gußeiserner Pfeiler, welche nicht nur den Bedingungen jenes geringeren Gewichts genügten, sondern auch ein Ganzes darstellten, dessen sämtliche Elemente wegen ihrer innigen Verbindung den beständigen Schwankungen einer, an der Spitze dieser Pfeiler aufgehängten, Brückenbahn hinreichenden Widerstand entgegensetzten. Die Brücke besitzt fünf gleiche Oeffnungen von je 109 Mtr. Weite, an welche sich zwei, auf gemauerten Arkaden ruhende Viadukte anschließen, und folglich sechs Pfeiler zur Aufnahme der Drahtkabel, wovon die beiden Endpfeiler aus Stein, die Zwischenpfeiler aus einem steinernen Sockel von 4,85 Mtr. Breite und 13 Mtr. Höhe über dem niedrigsten Wasserstand und aus je zwei gußeisernen, durch einen etwas unterhalb der Fahrbahn angebrachten, doppelten gußeisernen Bogen verbundenen, 26 Mtr. hohen Pfeileraufsätzen bestehen. Diese Aufsätze sind aus zwei über einander gestellten, durch ein gußeisernes Zwischenstück mit einander verbundenen, abgestumpften Kegeln zusammengesetzt, wovon der untere, 15,25 Mtr. hohe, bis zur Ebene der Brückenbahn und der zweite, 8,75 Mtr. hohe, bis zu der Kuppel reicht, worauf die das Hängesystem der Ketten unterstützenden, umgekehrten Pendel ruhen. Der untere Theil jedes Aufsatzes besteht aus zehn über einander gestellten, an ihrer Berührungsstelle durch Flanschen und eingeschaltete, wagrechte, vorspringende Ringe mittels Bolzen untereinander verbundenen Trommeln, wovon jede wieder aus zehn, mittels innerer Flanschen und Bolzen zusammengeschräubten Segmenten besteht. In der Axe jedes Aufsatzes ist eine, bis unter den Scheitel der Kuppel reichende, gußeiserne Stütze hinzugefügt, welche mit dem Mantel des Aufsatzes durch gußeiserne Streben und schmiedeeiserne Diagonalbänder in Verbindung steht und einen Theil der Belastung übernimmt. Die Wandstärken der verschiedenen Gußtrommeln variiren zwischen 2,7 und 3 Cmtr., während der Querschnitt der inneren Stütze ein Kreuz mit 40 Cmtr. langen, 8 Cmtr. dicken Armen bildet. Sämmtliche Gußstücke eines Pfeilers wiegen 165000 Kg. Der kleinste Querschnitt der Säulen sammt ihrer inneren Stütze enthält 2000 □ Cmtr., und da die einer solchen Säule zufallende Maximalbelastung 110000 Kg. beträgt, so folgt daraus, daß jeder □ Cmtr. nur mit 55 Kg., d. h. mit etwa dem dreißigsten Theile jenes Gewichts, belastet ist, das er wirklich zu tragen vermag.

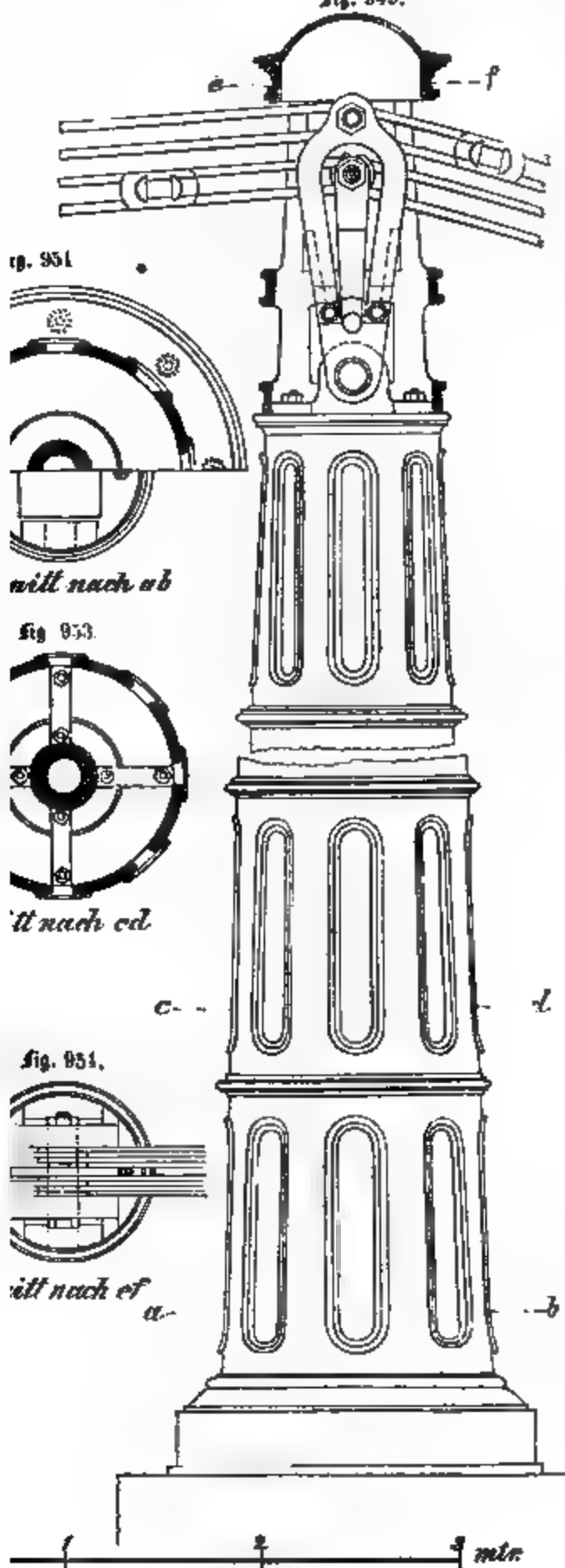
Auch die in Fig. 947 bis 954 dargestellten Kettenpfeiler der im Jahre 1842/43 erbauten, auf Seite 197 hinsichtlich ihrer Träger beschriebenen und in Fig. 312 bis 317 abgebildeten Kettenbrücke über die Maas bei Seraing

bestehen aus einem, von Quadern aufgeführten, Theil unterhalb und einem gußeisernen Theil oberhalb der Brückenbahn. Dieser gußeiserne Theil der Tragsäulen besteht wieder aus 6,6 Mtr. hohen, mit dem Quaderunterbau verankerten Säulen von 0,9 Mtr. oberem und 1,4 Mtr. unterem Durchmesser aus je vier Tambours in durchbrochener Arbeit, die durch Schrauben und Querbänder unter sich und mit einem hohlen, gußeisernen Kern verbunden sind und oben die 1,65 Mtr. hohe, bewegliche Unterstützung der Tragketten mit einer kleinen Schutzkuppel, s. Fig. 949 u. 950, aufnehmen. Jeder Quadratmillimeter dieser Säulen war bei der Schlußprobe nur mit $2\frac{1}{2}$ Kg. belastet.

Statt des kreisförmigen Querschnitts erhielten die gußeisernen, mit dem Pfeilermauerwerk verankerten, in Fig. 955 bis 963 dargestellten Kettenpfeiler der im Jahre 1842 bis 1844 ausgeführten Kettenbrücke über die Ruhr bei Mülheim²⁰⁾, mit einer Mittelöffnung von 94,14 Mtr. (300' preuß.) und zwei Seitenöffnungen von je 28,24 Mtr. (90' preuß.), einen quadratischen Querschnitt mit abgestumpften Ecken und wurden aus einem kreuzförmigen Kern und einem aus, mittels Flanschen und Bolzen unter sich verschraubten, Theilen zusammenengesetzten Mantel gebildet, welche in den Horizontalfugen des letzteren durch schmiedeeiserne Schienen unter sich. Diese Pfeiler, deren zwei auf je einem der beiden massiven und darauf mittels gußeiserner Querverbindungen zu eine

ung. Zweiter Abschnitt. Die Pfeiler der eisernen Brücken.

fig. 949.



9 bis 954. Pfeiler der Kettenbrücke über die Maas bei Metz.



Fig. 955. bis 963. Gußeiserne Pfeileraufsätze der Kettenbrücke über die Rucht bei M

n die doppelten, denjenigen der Brücke über die Maas bei Seraing konstruirten, Pendel zur beweglichen Unterstüßung der Tragketten ketten auf, welche auf jeder Seite der Brückenbahn aus zwei über agenden, aus je 6 Flachschienen bestehenden Ketten gebildet werden. ittlere Oeffnung überspannenden, Tragketten bilden eine Sehne von . (311,5' preuß.) bei 7 Mtr. (22,3' preuß.) Pfeilhöhe, während ketten, so weit sie die Seitenöffnungen überspannen, zugleich als benutzt sind.

erwähnte Kern der Tragpfeiler besteht aus zwei Stücken, an welche ung von Ausbiegung durch die Belastung in verschiedenen Höhen en angegossen und deren Enden mit runden Platten zum Aneinander- rsehen sind. Der ihn umschließende Mantel besteht aus vier kasten- der erwähnten Weise unter sich und mit dem Kern verbundenen ren unterstes auf einer, mit ihm verschraubten und mit dem aus inen bestehenden Pfeilermauerwerk verankerten, gußeisernen Grund- und deren oberstes eine gußeiserne Bodenplatte für die Pendel trägt, it vier Vorsprüngen versehen und mittels schmiedeeiserner, zwischen ie Flanschen des oberen Mantelstücks eingetriebener Keile mit ihm st. Die auf jener Bodenplatte ruhenden, gußeisernen Pendel sind in ches, die Beobachtung der Pendel gestattendes Pendelgehäuse einge- rauf endlich ein zur Bekrönung dienender, gußeiserner Aufsatz steht. Querverbindung der Kettenpfeiler ist zwischen den Pendelgehäusen besteht in je zwei, die ganze Oeffnung der Portale überspannenden, en Gußplatten, welche mit der Bodenplatte der Pendel sowie mit gehäuse verschraubt und unter sich durch drei gußeiserne Quer- bunden sind. Ueber diesen Querverbindungsstücken befinden sich e, gußeiserne Fries- und Gesimsstücke, welche letztere durch eine, ußeisernen Firstverzierung versehene, Verdachung verbunden und d. — Die 5,81 □ Mtr. (59 □' preuß.) haltende Grundplatte me der Kettenpfeiler, sowie die erwähnten Pendelgehäuse und deren rden in Sandguß, die einzelnen Theile des Mantels aber sowie die Lehmguß ausgeführt; die Berührungsflächen der einzelnen Theile eilers sind mit Meißel und Feile geebnet, während die Platten der dreht sind. Beim Versehen der beiden Theile des Kerns und der des Mantels wurden zwischen die Platten des ersteren die Flan- gteren und unter die Bodenplatte der Pendel beziehungsweise drei 3 Mmtr. ($\frac{1}{8}$ " preuß.) starke Bleiplatten gelegt, wodurch, wegen der n Zusammenpressung der letzteren, die größte Last auf die Kerne n wurde, während der Mantel hauptsächlich nur zur Versteifung ente. Die Grundplatten der Kettenpfeiler wurden auf einer, zwei-

schon zwei Cementlagen eingeschalteten, 6 Mmtr. ($\frac{1}{4}$ " preuß.) starken Bleiplatte verlegt. Die Kosten der zu den Kettenpfeilern verwandten 367670 Pfd. Guß- und 13377 Pfd. Schmied-Eisen beliefen sich auf rund 16650 Thlr., wonach je 1000 Pfd. zu den Portalen verwendetes Eisen auf rund 55 Thlr. oder der Centner zu je 110 Pfd. auf nahe 6 Thlr. zu stehen kamen.

Die kreisförmigen und rechteckigen Querschnittsformen der vorbeschriebenen, zur Auflagerung von Hängebrückenträgern bestimmten, gegliederten Brückenpfeiler wurden späterhin bei Unterstützung von Gitterträgern für Eisenbahnbrücken in eine der rechteckigen angenäherte verwandelt.

Fig. 961 bis 967. Brücke über die Sitter bei St. Gallen.

So zeigen die Zwischenpfeiler der von Egel in der St. Gallen'schen Eisenbahn während der Jahre 1853/56 erbauten Brücken über die Sitter bei St. Gallen, s. Fig. 964 bis 967, und über die Glatt bei Flawyl, sowie die während der Jahre 1854/55 erbaute Brücke über die Thur bei Wyl, senkrecht zur Brückenaxe, länglich achteckige Pfeilersockel aus Quadermauerwerk, worauf vier, zu je zwei parallele und sich senkrecht durchschneidende, aus gußeisernen durchbrochenen, mittels Flanschen und Bolzen untereinander verbundenen Rahmstücke zusammengesetzte, nach oben verzüngte Tragwände ruhen und mittels angegossener Nehr- und starker Stein-

holzen mit dem Quaderunterbau verankert sind. Der Kern eines solchen Pfeilers wird daher durch ein vierseitiges Prisma mit rechteckigem Querschnitt aus durchbrochenen, rechteckigen, mit Flanschen versehenen, unter sich verschraubten, gußeisernen Platten gebildet, dessen vier Ecken durch je zwei ähnlich konstruirte, in der Fortsetzung der Prismenflächen angebrachte, mit Anlauf versehene Strebewände gegen seitliche Bewegung gesichert werden.

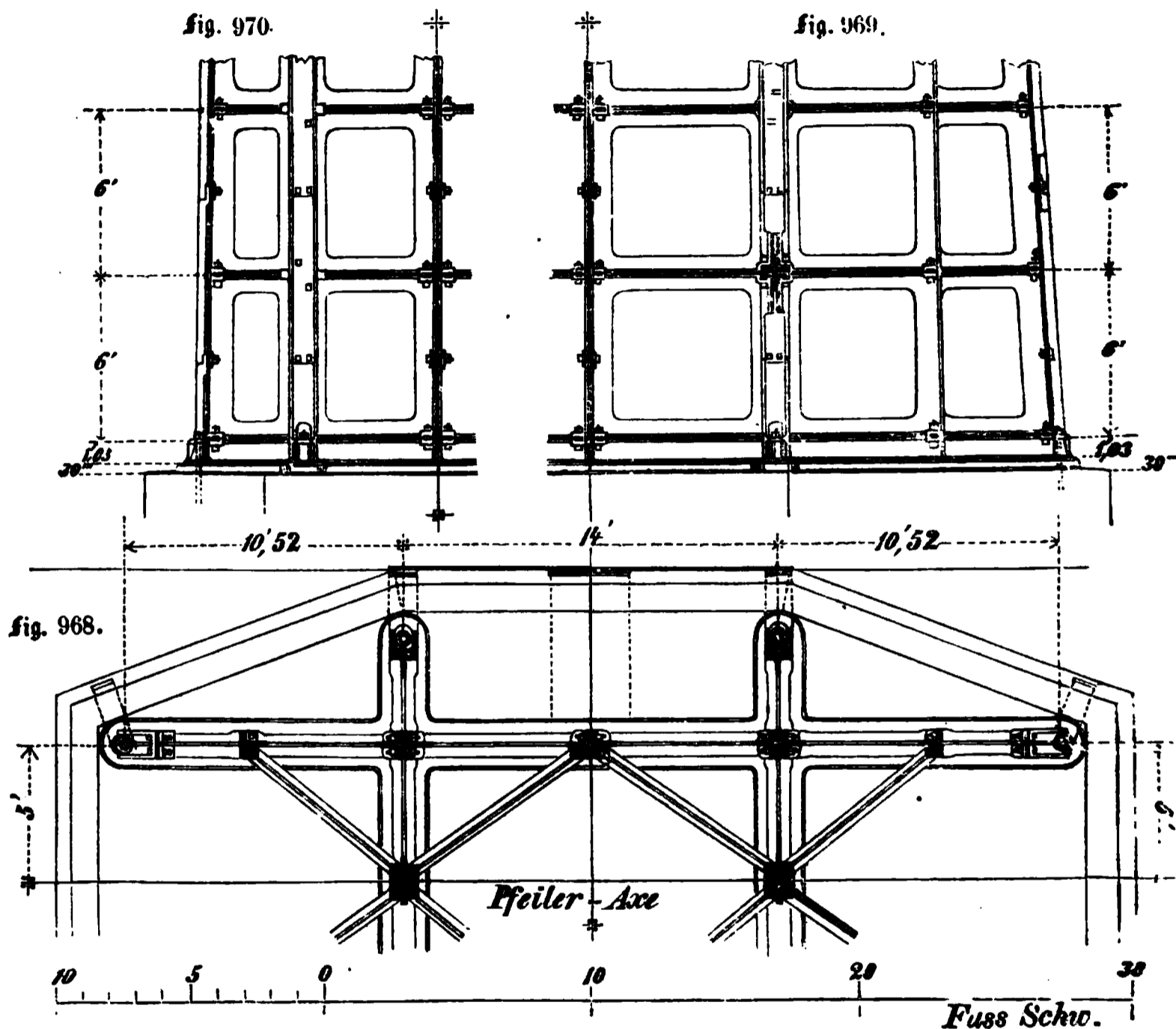


Fig. 968 bis 970. Details der Pfeiler des Viadukts über die Sitter bei St. Gallen.

Unter den eisernen Pfeilern der genannten schweizerischen Brücken sind diejenigen der Sitterbrücke die bedeutendsten, besitzen eine Höhe von 47,19 Mtr. (157,3' schwz.) und bestehen aus einer Grundplatte von 0,39 Mtr. (1,3' schwz.) Höhe und 26 Schichten über einander gestellter, 1,8 Mtr. (6' schwz.) hoher, im Querschnitt doppelt T-förmiger, 5 Cmtr. (1" schwz.) starker Platten mit 24 Cmtr. (8" schwz.) Flanschenstärke, wovon die obersten, zur Unterstützung der Brückenträger dienenden, gitterwandartige, die unteren, je nachdem sie den erwähnten Kernprismen oder Strebewänden angehören, rechteckige oder paralleltapezförmige Durchbrechungen haben. An die erwähnte, 48 Cmtr. (1' 6" schwz.)

breite durchbrochene Grundplatte, welche sich der Grundform der sich durchkreuzenden Tragwände anschließt, sind die Löcher für die Bolzen eingegossen, mittels derer die eisernen Pfeiler mit dem gemauerten Sockel, worin sich eine Treppe mit Zugang befindet, verankert sind. Zur Herstellung der erforderlichen Seitensteifigkeit sind sowol die Platten der erwähnten rechteckigen Kernwände, als diejenigen der senkrecht zur Brückenaxe gerichteten, weiter ausladenden Strebepfeiler an einem um den anderen ihrer Stöße mittels wagrechter, diagonalen im Querschnitt T-förmiger, gußeiserner Wandstreben und Bolzen unter einander fest verbunden. Um die geneigten Kanten der Strebepfeiler zu verstärken, sind dieselben mit im Querschnitt U-förmigen, gußeisernen Schienen belegt, deren Stöße mit den Lagerfugen der Strebepfeilerplatten abwechseln, übersälzt und durch Bolzen mit den Rippen dieser Platten verbunden sind.

Der eiserne Oberbau der Brücken über die *G l a t t* und *T h u r* besitzt eine Höhe von bzw. 23,64 Mtr. (78', 8 schwz.) und 14,67 Mtr. (48', 9 schwz.) und ist mit den, ihrer geringeren Höhe entsprechenden, Modifikationen nach demselben Konstruktionsprinzip wie die Pfeiler der Sitterbrücke hergestellt.

Zweites Kapitel.

Die Brückenstützen aus eisernen Schraubenpfählen.

Um die Gründungen von Bauwerken im Meere oder in Flüssen auf Sand oder lockeres Erdreich zu erleichtern und die Standfähigkeit derselben zu erhöhen, kam im Anfang der dreißiger Jahre der englische Ingenieur *M i t c h e l l* auf den Gedanken, eiserne Pfähle mittels niedriger, aber breiter, an dem untern Ende angebrachter Spiralsflanschen mittels Winden in den Grund zu schrauben und als Träger von Bauwerken zu benutzen. Nach mehreren, mit solchen Schraubenpfählen angestellten Versuchen schlug *M i t c h e l l* im Jahre 1834 vor, einen Leuchthurm auf Schraubenpfählen zu errichten: ein Vorschlag, welcher bei Erbauung der Leuchthürme für den *Ma p l i n - S a n d* im Jahre 1838, in dem Hafen *F l a t w o d o n W y r e* im Jahre 1840 und bei dem, etwa eine Meile von der Küste *D o w n* entfernten, *B e l f a s t L o u g h* in der *C a r r i f f e r g u s - B a i*²⁰⁹⁾ im Jahre 1844 Anwendung fand. Die zum ersten verwendeten neun Schraubenpfähle waren 7,12 Mtr. (26' engl.) lange, schmiedeeiserne Stangen von 12,5 Cmtr. (5" engl.) Durchmesser mit einer, an ihrem Fuße angebrachten, gußeisernen Schraube von 1,22 Mtr. (4' engl.) Durchmesser, wurden in neun aufeinander folgenden Tagen bis zu einer Tiefe von 6,7 Mtr. (22' engl.) in die Sandbank eingeschraubt und durch schmiedeeiserne Kreuzbänder unter einander verbunden. Die zur Gründung des zweitgenannten Leuchthurmes verwendeten sieben, 4,88 Mtr. (16' engl.) langen, schmiedeeisernen

Pfähle erhielten gußeiserne Schrauben von 0,91 Mtr. (3' engl.) Durchmesser, während die zur Gründung des letztgenannten Leuchtthurmes dienenden Schraubenpfähle 7,92 Mtr. (26' engl.) lang waren, 12,5 Cmt. (5" engl.) Durchmesser hatten, gußeiserne Schrauben von 1,07 Mtr. (3' 6" engl.) Durchmesser trugen, 4,88 Mtr. (16' engl.) in den Boden eingeschraubt und ebenfalls durch schmiedeeiserne Diagonalbänder mit einander verbunden wurden.

Fig. 971 bis 976. Hafenbau bei Curzon-Hafen.

Die Mitchell'schen Schraubenpfähle erhielten durch die große Schraubenfläche, worauf sie ruhten, eine nicht unbedeutende Tragfähigkeit; durch die Tiefe, auf welche sie eingeschraubt waren, sowol eine bedeutende Widerstandsfähigkeit gegen Herausreißen, als große Sicherheit vor Unterspülung, und fanden hauptsächlich Anwendung auf einem losen, dem Wellenschlag ausgesetzten Sandgrund

Die auf dem letzteren etwa aufgeführten Mauern würden durch den Widerstand, welchen sie den Wellen entgegensetzen, eine starke Vertiefung desselben zur Folge gehabt haben, worauf ein Sinken des Baues hätte eintreten müssen. Die dünnen, aus dem Sande hervorragenden Eisenstangen aber leisteten den Wellen keinen Widerstand und verursachten daher auch keine Veränderung in der Sandablagerung.

Diese Vorzüge führten im Sommer 1847 auf Anwendung der Schraubenpfähle bei Erweiterung eines Hafendamms an der Küste von Wexford. Der neu erbaute Theil dieses Damms, s. Fig. 971 bis 976, welcher sich an den alten, aus Stein erbauten, anschließt und eine Breite von 5,64 Mtr. (18' 6" engl.) besitzt, trägt zwei Eisenbahngleise mit einem Bankett in der Mitte und endigt in eine Plattform von 16,46 Mtr. (54' engl.) Länge und 10,97 Mtr. (36' engl.) Breite mit einem Landungsgerüst auf jeder Seite, welches zur Bequemlichkeit der auf- oder abladenden Schiffe gehoben oder gesenkt werden kann. Die erwähnten, auf Längsschwellen genagelten, durch Querschwellen, deren Enden auf Längsträgern ruhen, unterstützten Geleise des Damms sind durch je 5,31 Mtr. (17' 5" engl.) nach der Breite und Länge des Damms von einander entfernte, 8,23 bis 9,14 Mtr. (27' bis 30' engl.) lange, unter sich durch schmiedeeiserne Diagonalstangen verbundene und versteifte Pfähle von 12,5 Cmt. (5" engl.) Durchmesser mit gußeisernen, 0,61 Mtr. (2' engl.) im Durchmesser haltenden Schrauben gestützt. Der Baugrund, in welchen die Pfähle auf 3,35 bis 4,57 Mtr. (11 bis 15' engl.) eingeschraubt wurden, bestand aus durchschnittlich 2,44 Mtr. (8' engl.) Tiefe aus Sand und Kiesel, worunter sich ein fester blauer Thon befand. Das Einschrauben dieser Pfähle wurde, da der starke Wellenschlag die Anwendung von Booten oder starken Flößen zu Arbeitsgerüsten nicht zuließ, von dem Bauwerke aus in der Weise bewerkstelligt, daß ein um den Abstand zweier Pfähle von 5,31 Mtr. (17' 5" engl.) vortretendes Ausschußgerüst nach und nach vorgeschoben und mit dem bereits fertigen Theile des Damms provisorisch verbunden wurde. Die Schraubenpfähle wurden alsdann, auf kleinen Walzen liegend, vorwärts gerollt, mittels eines Tafels aufgezogen und in die vertikale Lage gebracht, an ein Rad mit gabelförmigen Armen von 9,65 Mtr. (32' engl.) Durchmesser befestigt und mittels eines angespannten Seiles ohne Ende, das einerseits um die gabelförmigen Arme jenes Rades, andererseits um eine, 45,72 Mtr. (150' engl.) in der Richtung der Küste befindliche, kleine Rolle geschlungen war, von einer Anzahl Arbeiter eingeschraubt, wobei durch eine, am Ende mit einer Rolle versehene, Führungstange die lothrechte Stellung des Pfahles gesichert wurde. Sobald zwei Pfähle eingeschraubt waren, wurden die Längs- und Quer-Balken gelegt, die Kreuzbänder befestigt, das Ausschußgerüst weiter geschoben und die Fahrbahn hergestellt: eine Arbeit, welche mit solcher Leichtigkeit und Regelmäßigkeit von Statten ging, daß selbst

bei stürmischem Wetter ein Joch von 5,31 Mtr. (17' 5" engl.) Länge durchschnittlich in einem Tage fertig wurde.

Auch der, bei dem $1\frac{1}{3}$ Meile von Adelaide entfernten Glenelg ²¹⁰, im südaustralischen Golf St. Vincent für den Schiffsverkehr im Jahre 1855 angelegte, 384 Mtr. lange Hafendamm besteht aus einer Reihe von Brückensjochen, s. Fig. 977 bis 981, wovon jedes auf zwei festen gußeisernen, unten in Mitchell'sche Schrauben endigenden Säulen ruht.

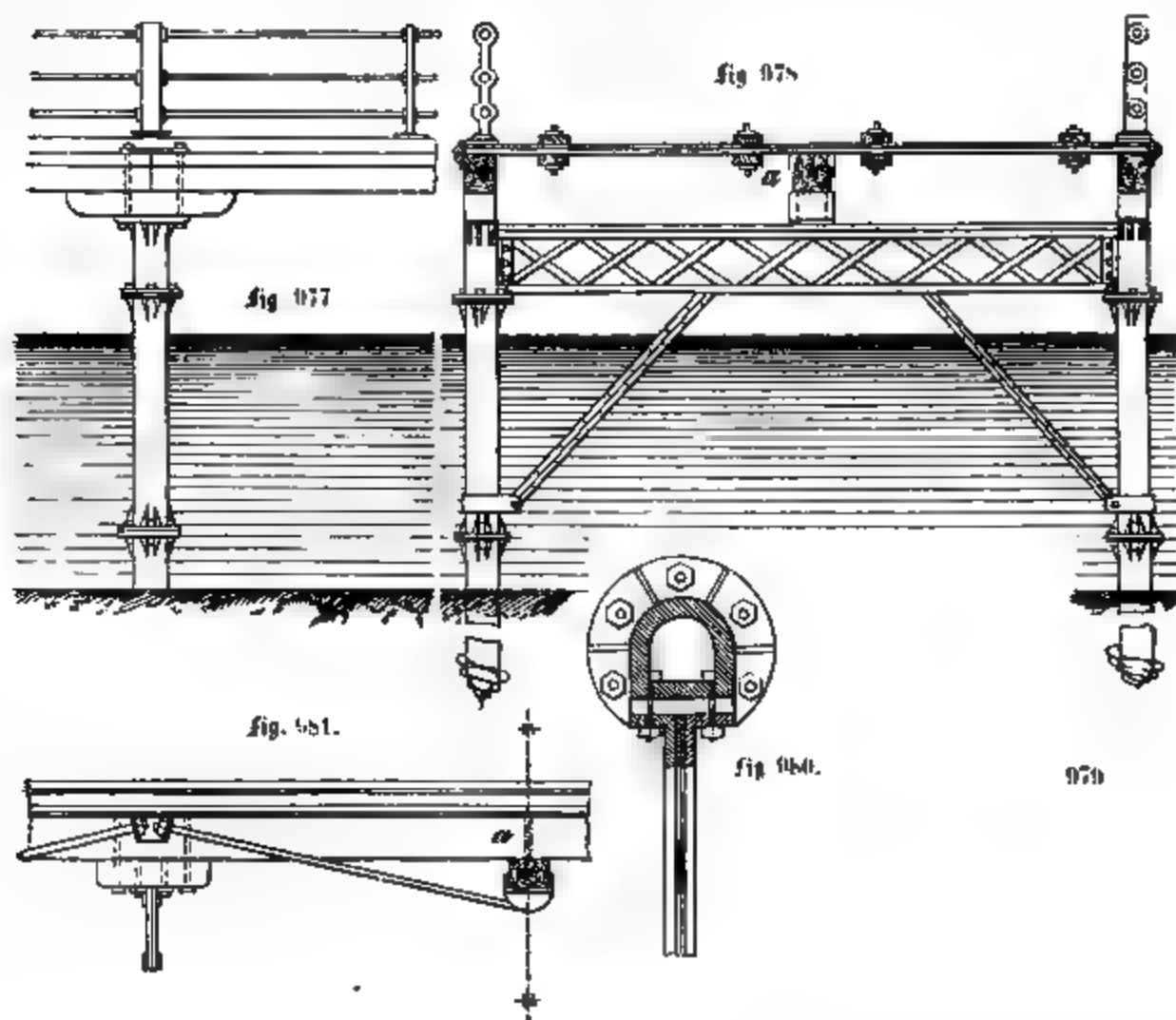


Fig. 977 bis 981. Hafendamm für den Schiffsverkehr bei Glenelg im Golf St. Vincent in Südaustralien.

Die Säulen bestehen aus drei, durch Flanschen und Bolzen unter einander verbundenen Theilen und sind oben durch einen Gitterträger verbunden, welcher durch im Querschnitt T-förmige, zu einem kreuzförmigen Querschnitt zusammengesetzte Winkelbänder gegen dieselben abgesteift ist. Die Verbindung der Gitterträger mit den Säulen, s. Fig. 979 u. 980, ist durch je sechs Schrauben bewirkt, mittels derer die im Horizontalschnitt T-förmigen Enden der ersteren an einem abgeplatteten gegossenen Theil der letzteren festgehalten werden. Die Längsverbinding dieser Joche ist durch zwei, mittels Sattelhölzer auf den Säulen ruhende und

mittels je zweier durchgehender Schrauben mit diesen verschraubte Stredtbäume, welche zugleich das Geländer aufnehmen, sowie durch einen auf der Mitte der Quergitterträger liegenden, armirten, starken Balken bewirkt. Der Belag besteht aus zwei Lagen sich kreuzender Bohlen und trägt zwei, auf Langschwellen ruhende, Schienengeleise.

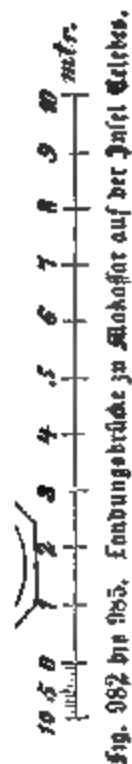


Fig. 982 bis 985. Landungsbrücke zu Mahassar auf der Insel Celebes.

Eine ähnliche Konstruktion zeigt die, im Jahre 1863 auf Schraubenpfählen errichtete, Landungsbrücke in dem Hafen von Mahassar²¹¹⁾ auf der Insel Celebes, s. Fig. 982 bis 985, welche aus einem steinernen, an das Ufer anschließenden Damm von 32 Mtr. Länge und 3,75 Mtr. Breite zwischen den Geländern, sowie aus einer hölzernen, 60 Mtr. langen Fochbrücke auf schmied-

eisernen Schraubenpfählen besteht, die am Anschluß an den Steindamm eine Breite von 4 Mtr. hat, weiterhin eine Breite von 5 Mtr. annimmt und an der Seeseite in eine Querbrücke von 20 Mtr. Länge und 5 Mtr. Breite endigt.

Von den zu dieser Landungsbrücke erforderlichen Schraubenpfählen, welche sämmtlich einen Durchmesser von 12,7 Cmtr. und eine Schraube von 61 Cmtr. Durchmesser haben, sind drei nur 8 Mtr. lang und bestehen aus einem Stück, während die übrigen 18 Pfähle länger und aus 2 Theilen mittels an ihren Enden angeschnittener Schrauben und einer gemeinschaftlichen, hohen Schraubenmutter, s. Fig. 984 u. 985, zusammengesetzt sind. Die auf die Köpfe der Pfähle aufgesetzten, gußeisernen Schuhe dienen zur Aufnahme hölzerner Streckbäume, über welche hölzerne Querbalken und über diese wieder hölzerne Langschwellen mit dem Bohlenbelag gelegt wurden. Außer durch die erwähnten Streckbäume und Querbalken sind die Pfähle nach der Länge und Breite der Brücke durch diagonale, schmiedeeiserne, mit Spannschrauben versehene Bänder verbunden. Zur Befestigung dieser Zugstangen an den Pfählen sind die auf die Köpfe der letzteren gesetzten Schuhe durchlocht, während erstere unten, in einem Abstände von 2,5 Mtr. unter den Schuhen, mit einem aus vier Stücken bestehenden, mit den Pfählen verholzten Kragen verbunden sind. Das Einschrauben der Pfähle in den Seeboden geschah von einem, auf zwei Pontons ruhenden Rüstboden aus, zwischen welche für jeden Pfahl zuerst eine, in Form eines abgestuften Kegels konstruirte, eiserne Führung auf dem Grunde aufgestellt und dann in der geeigneten Höhe über dem Rüstboden mittels eines Klemmapparats die zur Drehung bestimmten Hebel, an welche 8 bis 16 Mann angestellt wurden, mit dem Pfahle verbunden. Auf diese Weise wurde jeder Pfahl während eines Tages auf durchschnittlich 2 bis 6 Mtr. eingeschraubt, eine Zeit, welche wesentlich von der weichen oder, gewöhnlich durch Korallen bedingten, härteren Beschaffenheit des Seebodens abhing. Erst nach Aufstellung sämmtlicher Pfähle ging man zum Anlegen der Schuhe, Kragen und Zugstangen über, während die Pfähle durch die Spannschrauben in ihre senkrechte Stellung gebracht wurden.

Außer den vorgenannten schmiedeeisernen, massiven und gußeisernen, hohlen Pfählen hat man auch solche von Holz oder hohle von Eisenblech angewendet und sie in letzterm Falle, um ihr Eindringen in den Boden zu erleichtern, mit einem pneumatischen Apparat in Verbindung gesetzt.

Die Gründung mittels Schraubenpfählen erwies sich, mit Ausnahme von festem Gestein, in allen Bodenarten anwendbar, erforderte jedoch eine der Natur des Bodens entsprechende Form und Abmessung der Schraube. Bei einem Baugrunde von großem Widerstande wurde der Pfahlschuh gewöhnlich durch eine schraubenförmige Scheibe von 1,2 Mtr. Durchmesser gebildet, die sich mit einer Schraube vom Durchmesser des Pfahles verband, deren Spitze aber die Form eines Schraubenbohrers mit $1\frac{1}{2}$ Umlang des Schraubengewindes erhielt. Bei

festem Boden wurde die Schraube mehr konisch und mit 3 Umgängen Pfahl angewandt, wobei der Schraubengang auch weniger Vorsprung, stets 0,75 Mtr. Durchmesser hatte. Zum Einschrauben bediente man sich gewöhnlich eines starken, schmiedeisernen Schaftes, der aus Cylindern von 3,66 Mtr. (10 bis 12' engl.) Länge zusammengesetzt wurde und dessen Theil ein Zapfenloch hatte, in welches der Zapfen der Schraubenaxel wurde. Durch Drehen einer, in einer geeigneten Höhe des Schaftes an der Endwinde wurde dann mittels eingestellter Hebel das Einschrauben

Drittes Kapitel.

Die gemischteisernen Brückenpfeiler.

Die aus Guß- und Schmiedeisen-Theilen zusammengesetzten oder eisernen Brückenpfeiler erschienen zunächst als Nachbildungen der, in diesem Abschnitt bereits erwähnten, hölzernen Viadukt-pfeiler, welche den vierziger Jahren auf amerikanischen Bahnen an der Stelle hoher Dämme vielfach zur Ausführung kamen, zuweilen Längen von Meilen und bisweilen, wo die Bahn über bedeutende Schluchten fallende Höhen besaßen.

Eins der größten Bauwerke dieser Art, der von Seymour erbaut über den Genesee-Fluß bei Portage auf der Buffalo- und City-Bahn²¹²⁾, besitzt z. B. 15 Oeffnungen von je 15,24 Mtr. von Mitte zu Mitte der Pfeiler nebst einer Durchlaßöffnung für einen von 16,46 Mtr. (54' engl.) Weite mit Howe'schen Trägern. Die stehenden Pfeiler desselben haben einen, in der Basis 22,87 Mtr. langen, 4,57 Mtr. (15' engl.) breiten und 9,14 Mtr. (30' engl.) hohen Bau von Sandstein und 57,4 (190' engl.) hohe, in fünf Stockwerke führende, hölzerne Pfeiler, welche unten aus einundzwanzig $\frac{35}{32}$ Emtr. (starke) und oben aus zwölf $\frac{30}{32}$ Emtr. ($\frac{12}{12}$ " engl.) starken Pfosten

Diese Pfeiler sind theils durchweg aus Holz, theils aus Holz und Eisen erbaut, wobei das Holz zu den gedrückten, das Eisen zu den Theilen verwendet erscheint, und sind von den Vereinigten Staaten auf den Kontinent übertragen worden.

Eine Nachbildung solcher, nach amerikanischem System konstruirten zeigte z. B. die Ende der vierziger Jahre in der Petersburg- und Eisenbahn ausgeführte, in der Nacht vom 30. Oktober 1869 durchgestürzte Brücke über den Fluß Msta²¹³⁾, s. Fig. 986 bis 988, welche

theilung. Zweiter Abschnitt. Die Pfeiler der eisernen Brücken.

Mtr. ($31\frac{1}{2}'$ russ.), 60,81 Mtr. ($199\frac{1}{2}'$ russ.) entfernte Pfeiler
, 19 Mtr. (40' engl.) hoher Unterbau aus, theilweise mit Granit
gemauert und dessen 21,34 Mtr. (70' engl.) hoher Oberbau
in Ständern bestand, welche durch eiserne Zugbänder und höl-
zerne mit einander verbunden waren.

Fig. 980.

Fig. 981.

Fig. 982.

se Holzkonstruktionen, als auch die, im vorigen Kapitel be-
schriebenen Konstruktionen von schmied- oder gußeisernen Pfählen mit
Diagonalversteifungen veranlaßten, in Verbindung mit den
Pfeilern, welche man in der Konstruktion eiserner Brückenträger, besonders
nachdem man in den fünfziger Jahren die Herstellung von Pfeilern

gußeisernen Ständern, deren Verstärkung durch schmiedeeiserne Diagonaler bewirkt war.

Als die ersten und zugleich stärksten dieser gemischteisernen Brückenpfeiler müssen die bis 53 Mtr. hohen gußeisernen, durch gußeiserne Querverbindungen sowie durch horizontale und vertikale schmiedeeiserne Andreaskreuze versteiften, auf Steinsokeln ruhenden Säulenpfeiler des im Jahre 1850 begonnenen, auf Seite 232 bis 235 bereits erwähnten und in Fig. 397 bis 404 dargestellten Crumlin-Biadukts bei Newport in South-Wales, s. Fig. 989 bis 995, angesehen werden. Von den sieben Oeffnungen dieses, das gespaltene Ebbw-Thal in zwei Theilen übersehbenden Biadukts liegen drei Oeffnungen mit zwei Zwischen- und zwei Endpfeilern in der einen, die übrigen sieben Oeffnungen mit sechs Zwischen- und zwei Endpfeilern in der anderen Thalsohle, deren ungleiche Tiefe eine verschiedene Höhe der Pfeiler bedingte. Um ein möglichst gleichmäßiges Ansehen derselben, sowie möglichst übereinstimmende Maße ihrer einzelnen Bestandtheile zu erhalten, entschieden sich die bauleitenden Ingenieure Liddle und Gordon für deren Bau in einzelnen, 5,18 Mtr. (17' engl.) hohen Stagen, deren die höchsten, in der Thalsohle stehenden, vom Fundamente bis zur Schienenoberkante des Fahrgeleises 61,87 Mtr. (203' engl.) hohen Pfeiler zehn, die übrigen Pfeiler zwei, fünf und sechs besaßen. Die Zahl der, aus 5,18 Mtr. (17' engl.) langen, 0,31 Mtr. (1' engl.) im Durchmesser dicken, mittels Flanschen und je vier, 2,5 Cmt. (1" engl.) starken

Fig. 989.

theilung. Zweiter Abschnitt. Die Pfeiler der eisernen Brücken.

Mtr. ($31\frac{1}{2}$ ' russ.), 60,81 Mtr. ($199\frac{1}{2}$ ' russ.) entfernte Pfeiler
; 19 Mtr. (40' engl.) hoher Unterbau aus, theilweise mit Granit
egelmauerwerk und dessen 21,34 Mtr. (70' engl.) hoher Oberbau
en Ständern bestand, welche durch eiserne Zugbänder und höl-
zen mit einander verbunden waren.

ese Holzkonstruktionen, als auch die, im vorigen Kapitel be-
nkonstruktionen von schmied- oder gußeisernen Pfählen mit
Diagonalversteifungen veranlaßten, in Verbindung mit den
welche man in der Konstruktion eiserner Brückenträger, besonders
nacht hatte, in den fünfziger Jahren die Herstellung von Pfeilern

mit gußeisernen Ständern, deren Verbindung durch schmiedeeiserne Diagonalbänder bewirkt war.

Als die ersten und zugleich stärksten dieser gemischteisernen Brückenpfeiler müssen die bis 53 Mtr. hohen gußeisernen, durch gußeiserne Querverbindungen sowie durch horizontale und vertikale schmiedeeiserne Andreaskrenze versteiften, auf Steinsokeln ruhenden Säulenpfeiler des im Jahre 1850 begonnenen, auf Seite 232 bis 235 bereits erwähnten und in Fig. 397 bis 404 dargestellten Crumlin-Biadukts bei Newport in South-Wales, s. Fig. 989 bis 995, angesehen werden. Von den sieben Öffnungen dieses, das gespaltene Ebhw-Thal in zwei Theilen übersehenden Biadukts liegen drei Öffnungen mit zwei Zwischen- und zwei Endpfeilern in der einen, die übrigen sieben Öffnungen mit sechs Zwischen- und zwei Endpfeilern in der anderen Thalsenkung, deren ungleiche Tiefe eine verschiedene Höhe der Pfeiler bedingte. Um ein möglichst gleichmäßiges Ansehen derselben, sowie möglichst übereinstimmende Maße ihrer einzelnen Bestandtheile zu erhalten, entschieden sich die hauseitenden Ingenieure Eddle und Gordon für deren Bau in einzelnen, 5,18 Mtr. (17' engl.) hohen Etagen, deren die höchsten, in der Thalsohle stehenden, vom Fundamente bis zur Schienenoberkante des Fahrgeleises 61,87 Mtr. (203' engl.) hohen Pfeiler zehn, die übrigen Pfeiler zwei, fünf und sechs besaßen. Die Zahl der, aus 5,18 Mtr. (17' engl.) langen, 0,31 Mtr. (1' engl.) im Durchmesser dicken, mittels Flanschen und je vier, 2,5 Cmt. (1" engl.) starken

Fig. 989.

Bolzen auf einander geschraubten Röhrenstücken mit von 2,18 bis 2,5 Mtr. ($\frac{7}{8}$ " bis 1" engl.) zunehmender Wandstärke zusammengesetzten Säulen je eines Pfeilers beträgt vierzehn, die in der Grundform eines, nach der Brückenbreite langgezogenen, in Fig. 990 dargestellten Sechsecks in drei Reihen aufgestellt sind, wovon auf jede der beiden äußeren vier und auf die mittlere sechs entfallen. Nur die beiden mittleren, den Kern des Pfeilers bildenden Säulen dieser Mittelreihe haben eine lothrechte Stellung, alle übrigen eine Neigung von etwa $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$ und $\frac{1}{35}$ ihrer Höhe erhalten.

Fig. 991 bis 995. Details der Pfeiler des Crumlin-Biadukts bei Newport im South-Wales.

Die Säulen der unteren Etage stehen auf Plinthenstücken von der Form eines hohlen, achteckigen Prisma's mit einer, 0,91 Mtr. (3' engl.) im Quadrat haltenden, durch acht Bolzen mit den granitenen Fundamentblöcken verankerten Grundplatte, vier Diagonalkernen und einer, von 0,76 bis 1,52 Mtr. ($2\frac{1}{2}$ bis 5' engl.) bei den verschiedenen Pfeilern variirenden Höhe. Die Flanschen der Säulen und Plinthenstücke sind an ihrer Berührungsstelle auf der Drehbank eben abgedreht, während jedes obere Säulenstück mit einem vor-

springenden, genau abgedrehten Ringe sich ohne jede Zwischenlage in eine entsprechende, ebenfalls abgedrehte Vertiefung des unteren Säulenstücks setzt. Die Querverbindung der Plinthenstücke, sowie der oberen Enden der einzelnen Röhrenstücke unter sich, ist durch gußeiserne, im Querschnitt I-förmige, bzw. 43,75 Cmtr. ($17\frac{1}{2}$ " engl.) und 30 Cmtr. (12" engl.) hohe, auf kleinen Auflagern ruhende Querbalken mit 1,87 Cmtr. ($\frac{3}{4}$ " engl.) starker Vertikalrippe bewirkt, welche mit den Plinthenstücken durch je 6, mit den Röhrenstücken durch je 4 Bolzen verschraubt sind. Die an den Enden der Querbalken befestigten Kreuzverbindungen in den, zwischen den Säulen gelegenen, ganz oder nahezu vertikalen Feldern bestehen aus 10 Cmtr. (4" engl.) breiten und 1,87 Cmtr. ($\frac{3}{4}$ " engl.) starken Flacheisen, welche an dem einen Ende mit einem runden, zur Aufnahme eines Bolzens bestimmten Loch und am anderen Ende mit oblongen, auf eine Keilstellung berechneten Löchern versehen sind, mittels derer sich die Längen der zu den Kreuzverbindungen bestimmten Schienen nicht nur reguliren, sondern auch diese Kreuzverbindungen spannen lassen. Nur in der obersten Etage der Pfeiler sind die oberen Enden der Kreuzbänder, statt an die Querbalken, an die, mit angegossenen doppelten Lappen versehenen, Säulenköpfe befestigt. Die in den, zwischen den Säulen gelegenen, horizontalen Feldern angebrachten Kreuzverbindungen bestehen aus runden, mit von 5 Cmtr. (2" engl.) in den unteren, bis auf 3,75 Cmtr. ($1\frac{1}{2}$ " engl.) Durchmesser in den oberen Etagen abnehmenden Zugstangen, welche ebenfalls die gußeisernen Querbalken an deren Enden und in deren halber Höhe durchsetzen und mittels der, an beiden Enden befindlichen, Spindeln und Muttern gespannt sind. Die oberste, für die Aufnahme der vier Tragwände des Viadukts bestimmte Etage zeigt eine von der vorbeschriebenen abweichende Anordnung, indem auf die Säulenköpfe der Säulen kleine, etwa 0,61 Mtr. (2' engl.) hohe gußeiserne Aufsätze und zwischen diesen letzteren gußeiserne Querbalken von 0,46 Mtr. ($1\frac{1}{2}$ ' engl.) Höhe parallel und von 0,46 Mtr. (2' engl.) Höhe senkrecht zur Brückenaxe zu liegen kommen. Auf jene gußeisernen Aufsätze sind vier, zur Aufnahme der Tragwände bestimmte, dreieckige, 4,27 Mtr. (14' engl.) hohe, mit je einer Vertikalrippe versehene, gußeiserne Böcke geschraubt, deren Köpfe durch gußeiserne Querbalken von 0,36 Mtr. ($1' 2\frac{1}{2}$ " engl.) Höhe verbunden sind. Die zwischen den geneigten Seiten jener Böcke befindlichen Kreuzverbindungen aus Flacheisen von 10 Cmtr. (4" engl.) Breite und 2,5 Cmtr. (1" engl.) Stärke sind wie diejenigen der unteren Etagen befestigt. Auf die Köpfe dieser Böcke sind die, 1,07 Mtr. ($3\frac{1}{2}$ ' engl.) langen, 12,5 Cmtr. (5" engl.) breiten, mit 10 Cmtr. (4" engl.) breiten und 1,25 Cmtr. ($\frac{1}{2}$ " engl.) tiefen, sauber abgehobelten Rinnen versehenen Sättel für die Tragwände aufgeschraubt, worin dieselben nach Maßgabe ihrer Längenveränderung durch die Temperatur frei hin und her gleiten können. Die auf den festen Felsen gegründeten, von 0,91 bis 3,05 Mtr. (3 bis 10' engl.)

Bolzen auf einander geschraubten Röhrenstücken mit von 2,18 bis 2,5 Mtr. ($\frac{7}{8}$ " bis 1" engl.) zunehmender Wandstärke zusammengesetzten Säulen je eines Pfeilers beträgt vierzehn, die in der Grundform eines, nach der Brückenbreite langgezogenen, in Fig. 990 dargestellten Sechsecks in drei Reihen aufgestellt sind, wovon auf jede der beiden äußeren vier und auf die mittlere sechs entfallen. Nur die beiden mittleren, den Kern des Pfeilers bildenden Säulen dieser Mittelreihe haben eine lothrechte Stellung, alle übrigen eine Neigung von etwa $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$ und $\frac{1}{35}$ ihrer Höhe erhalten.

Fig. 991 bis 995. Details der Pfeiler des Crumlin-Brückens bei Newport in South-Wales.

Die Säulen der unteren Etage stehen auf Plinthenstücken von der Form eines hohlen, achteckigen Prisma's mit einer, 0,91 Mtr. (3' engl.) im Quadrat haltenden, durch acht Bolzen mit den granitenen Fundamentblöcken verankerten Grundplatte, vier Diagonalnerven und einer, von 0,76 bis 1,52 Mtr. ($2\frac{1}{2}$ bis 5' engl.) bei den verschiedenen Pfeilern variirenden Höhe. Die Flanschen der Säulen und Plinthenstücke sind an ihrer Verührungsstelle auf der Drehbank eben abgedreht, während jedes obere Säulenstück mit einem vor-

springenden, genau abgedrehten Ringe sich ohne jede Zwischenlage in eine entsprechende, ebenfalls abgedrehte Vertiefung des unteren Säulenstücks setzt. Die Querverbindung der Plinthenstücke, sowie der oberen Enden der einzelnen Röhrenstücke unter sich, ist durch gußeiserne, im Querschnitt I-förmige, bzw. 43,75 Cmt. ($17\frac{1}{2}$ " engl.) und 30 Cmt. (12" engl.) hohe, auf kleinen Auflagern ruhende Querbalken mit 1,87 Cmt. ($\frac{3}{4}$ " engl.) starker Vertikalrippe bewirkt, welche mit den Plinthenstücken durch je 6, mit den Röhrenstücken durch je 4 Bolzen verschraubt sind. Die an den Enden der Querbalken befestigten Kreuzverbindungen in den, zwischen den Säulen gelegenen, ganz oder nahezu vertikalen Feldern bestehen aus 10 Cmt. (4" engl.) breiten und 1,87 Cmt. ($\frac{3}{4}$ " engl.) starken Flacheisen, welche an dem einen Ende mit einem runden, zur Aufnahme eines Bolzens bestimmten Loch und am anderen Ende mit oblongen, auf eine Keilstellung berechneten Löchern versehen sind, mittels derer sich die Längen der zu den Kreuzverbindungen bestimmten Schienen nicht nur reguliren, sondern auch diese Kreuzverbindungen spannen lassen. Nur in der obersten Etage der Pfeiler sind die oberen Enden der Kreuzbänder, statt an die Querbalken, an die, mit angegossenen doppelten Lappen versehenen, Säulenköpfe befestigt. Die in den, zwischen den Säulen gelegenen, horizontalen Feldern angebrachten Kreuzverbindungen bestehen aus runden, mit von 5 Cmt. (2" engl.) in den unteren, bis auf 3,75 Cmt. ($1\frac{1}{2}$ " engl.) Durchmesser in den oberen Etagen abnehmenden Zugstangen, welche ebenfalls die gußeisernen Querbalken an deren Enden und in deren halber Höhe durchsetzen und mittels der, an beiden Enden befindlichen, Spindeln und Muttern gespannt sind. Die oberste, für die Aufnahme der vier Tragwände des Viadukts bestimmte Etage zeigt eine von der vorbeschriebenen abweichende Anordnung, indem auf die Säulenköpfe der Säulen kleine, etwa 0,61 Mtr. (2' engl.) hohe gußeiserne Aufsätze und zwischen diesen letzteren gußeiserne Querbalken von 0,46 Mtr. ($1\frac{1}{2}$ ' engl.) Höhe parallel und von 0,46 Mtr. (2' engl.) Höhe senkrecht zur Brückenaxe zu liegen kommen. Auf jene gußeisernen Aufsätze sind vier, zur Aufnahme der Tragwände bestimmte, dreieckige, 4,27 Mtr. (14' engl.) hohe, mit je einer Vertikalrippe versehene, gußeiserne Böcke geschraubt, deren Köpfe durch gußeiserne Querbalken von 0,36 Mtr. ($1' 2\frac{1}{2}$ " engl.) Höhe verbunden sind. Die zwischen den geneigten Seiten jener Böcke befindlichen Kreuzverbindungen aus Flacheisen von 10 Cmt. (4" engl.) Breite und 2,5 Cmt. (1" engl.) Stärke sind wie diejenigen der unteren Etagen befestigt. Auf die Köpfe dieser Böcke sind die, 1,07 Mtr. ($3\frac{1}{2}$ ' engl.) langen, 12,5 Cmt. (5" engl.) breiten, mit 10 Cmt. (4" engl.) breiten und 1,25 Cmt. ($\frac{1}{2}$ " engl.) tiefen, sauber abgehobelten Rinnen versehenen Sättel für die Tragwände aufgeschraubt, worin dieselben nach Maßgabe ihrer Längenveränderung durch die Temperatur frei hin und her gleiten können. Die auf den festen Felsen gegründeten, von 0,91 bis 3,05 Mtr. (3 bis 10' engl.)

hohen Pfeilerfundamente bestehen in massivem, aus starken Blöcken in wagrechten Schichten mit gutem Verbande ausgeführten Mauerwerk, worin die stärksten Steinblöcke unmittelbar unter den Säulensfüßen liegen und so angeordnet sind, daß das Pfeilergewicht auf eine möglichst große Fläche vertheilt wird.

Auch die 43,23 Mtr. hohen, gemischteisernen Pfeiler der im Jahre 1857 begonnenen und 1862 eröffneten, auf Seite 281 hinsichtlich ihrer Träger beschriebenen und in Fig. 596 bis 604 abgebildeten Eisenbahnbrücke über die Saane bei Freiburg im Uechtland, auch wol Grandjeu-Viadukt genannt,

Fig. 996 bis 999 Pfeiler des Viadukts über die Saane bei Freiburg.

haben hohle, gußeiserne, unter sich verbundene Tragsäulen auf Steinsokeln, s. Fig. 979 bis 987, erhalten, jedoch weichen besonders deren Grundrisse und Querverbindungen von denjenigen der Crumlin-Viadukt Pfeiler ab. Vor Allem sind die beiden, dort an den Seiten der Fahrbahn angebrachten Seitenstreben weggelassen und so die Zahl der Tragsäulen auf zwölf vermindert, welche nun einen recht eckigen Grundriß bilden und überdies in unter sich gleiche Abstände gebracht sind. Ferner sind nur die am Sockel und Kapital dieser Pfeiler angebrachten Horizontalverbindungen aus gußeisernen Platten hergestellt, wöh-

rend außer den horizontalen und vertikalen Diagonalversteifungen auch die Horizontalverbindungen der Tragsäulenschäfte aus Schmiedeeisen gebildet sind. Die Höhen der aus Sandstein bestehenden, mit festem Jurakalkstein abgedeckten und mit Aussparungen im Mauerwerk versehenen, mit ihrer Oberfläche in einer und derselben horizontalen Ebene liegenden Pfeilersockel variiren mit den Terrainhöhen von 13 bis zu 32 Mtr. und tragen den 43,23 hohen, zwischen den äußersten Säulenaxen unten 10 Mtr. breiten und 6,2 Meter tiefen, oben 6,27 Mtr. breiten und 4,28 Mtr. tiefen Eisenbau, dessen zwölf gußeiserne Röhrensäulen hiernach mit einer Neigung von $\frac{1}{23,2}$ bis $\frac{1}{42,8}$ gegen einander gestellt sind.

fig. 1000.

fig. 1001.

Fig. 1000 bis 1004. Details der Pfeiler des Viadukts über die Saane bei Ströburg.

Jede einzelne dieser Säulen ist wieder aus elf Stüd, 3,825 Mtr. im Mittel langer Röhren mit 24 Cmtr. Durchmesser und 3,2 Cmtr. Wandstärke mittels 5 Cmtr. starker Flanschen und je vier 4 Cmtr. starker Bolzen zusammengesetzt und zur Vermehrung ihrer Steifigkeit, sowie zur Erleichterung ihrer Befestigung an die Querverbindungen, mit T-förmigen Rippen von 3 Cmtr. Stärke versehen. Zur wechselseitigen Absteifung dieser zusammengesetzten Säulen

Fig. 1006.

Fig. 1005.

Fig. 1007.



dienen im Querschnitt kreuzförmige, aus je vier Winkelseisen von 8 Cmtr. Schenkellänge und 1 Cmtr. Stärke zusammengesetzte Querverbindungen und aus Flacheisen von 1 Cmtr. Breite und 1 Cmtr. Stärke konstruirte Gitterwerke im Aeußeren und Diagonalverbindungen im Innern des Pfeilers, wozu noch von zwei zu zwei Röhrenstücken, also in Abständen von 7,65 im Mittel, wagrechte, aus im Querschnitt U-förmigen Diagonalstäben von 10 Cmtr. Breite und 4 Cmtr. Schenkellänge bestehende Diagonalkreuze kommen. Die auf diese Weise zu einem festen Pfeiler vereinigten Säulen ruhen auf gußeisernen, 60 Cmtr. hohen, durch 3,5 Cmtr. starke Rippen verstärkten, aus je 16 Stücken mittels je acht 3 Cmtr. starker Schraubenbolzen zusammengebolzten Sohlstücken, welche mittels zwischengelegter Bleiplatten auf den Steinsödel versetzt sind. Am oberen Ende tragen die Pfeiler gußeiserne, 60 Cmtr. hohe, wie jene Sohlstücke konstruirte und zusammengesetzte Rahmen, welche die als Unterlage für den eisernen Ueberbau dienenden hölzernen Bohlstücke aufnehmen.

Als die neuesten Beispiele von Viadukten mit eisernen Pfeilern sind die französischen Eisenbahnviadukte²¹⁵⁾ zu betrachten, welche in den Jahren 1864 u. 1865 von Nördling erbaut sind, wovon der eine zweigeleisige in Bousseau. d'Ahun die Bahn von Montluçon nach Limoges über das Creusethal, s. Fig. 1005 bis 1009, der andere eingleisige die Bahn von Figeac nach Aurillac über den Cèrefluß, s. Fig. 1010 bis 1016, führt. Der erstere besitzt eine Eisenhöhe der Mittelpfeiler von 33,9 Mtr., der Endpfeiler von 20,2 Mtr. Das Konstruktionsystem seiner eisernen Pfeiler erscheint im Allgemeinen demjenigen der Saanebrückenpfeiler nachgebildet, jedoch ist die mittlere Tragsäulenreihe weggelassen und dadurch die Säulenzahl auf acht reduzirt. Die Hauptabmessungen des Cère-Viadukts weichen nur unbedeutend von denjenigen des Bousseau-Viadukts ab, dagegen sind die acht Tragsäulen in der Form eines lang gezogenen Achtecks auf einem elliptischen Mauersockel vertheilt. Zur Vermeidung einer jeden nachtheiligen Einwirkung der elastischen Biegung der Brückenträger auf die Standfähigkeit der Pfeiler und die Anspruchnahme ihrer Theile ruhen jene Träger über der Mitte der Pfeilerkapitäle auf stumpfen Schneiden, um welche sie sich wie um Charniere drehen können und mittels dieser, sowol über den eisernen Zwischenpfeilern als über den gemauerten Landpfeilern, auf Friktionsrollen. Nach Mittheilungen des Erbauers auf der XIV. Versammlung deutscher Architekten und Ingenieure in Wien²¹⁶⁾ kostet der steigende Meter Eisenbau

in Bousseau	{	im obersten (7ten) Stockwerke	(3422 Kg. Metall)	1686 Frchs.
		= untersten	= (3927 = =)	1889 =
an der Cère	{	im obersten (7ten) Stockwerke	(2652 = =)	1368 =
		= untersten	= (3082 = =)	1583 =

Viertes Kapitel.

Die schmiedeeisernen Brückenpfeiler.

Obwol die bei weitem größte Zahl der eisernen Brückenpfeiler bei geringerer Höhe aus Gußeisen, bei größerer Höhe aus Guß- und Schmiedeisen hergestellt wurde, so gewahren wir hierbei doch auch die Anfänge einer fast ausschließlichen Anwendung des Schmiede Eisens. Außer den massiven, schmiedeeisernen Schäften der im zweiten Kapitel betrachteten Schraubenpfähle gehören hierher die gegliederten schmiedeeisernen Stützen von Brückenträgern, wie sie bei Ausführung der Brücke über den Rhein bei Mainz, s. Fig. 1017 bis 1023, zur unmittelbaren Unterstützung der Träger über den Hauptöffnungen zur Anwendung gekommen sind, deren Stützpunkte 6,31 Mtr. über der Steinkonstruktion der beiden Land- und der drei Strompfeiler liegen. Wie aus der auf Seite 312 bis 315 gegebenen Darstellung und Abbildung dieser Träger hervorgeht, laufen deren Enden in zwei Bogenschuhe aus, wovon der eine auf einer beweglichen, der andere auf einer festen Auflage ruht. Die Eisenaufsätze der Landpfeiler nehmen jene, in Rollenstühlen bestehenden beweglichen, die Eisenaufsätze der Strompfeiler je ein festes und ein bewegliches Auflager auf, ruhen auf einem aus zwei Stücken zusammengesetzten, mit den obersten Pfeilerquadern verankerten gußeisernen Fuße, bestehen nach der Breite der Brücke aus je drei versteiften, nach der Länge der Brücke durch Gitterwerk untereinander verbundenen hohen Blechsäulen und sind nach der Breite der Brücke durch je zwei schmiedeeiserne, in den Ecken mittels dreieckiger Bleche ausgesteifte Querbalken so verbunden, daß sie über den Land- und Strompfeilern thorförmige Öffnungen von 4,04 Mtr. Breite und 5,1 Mtr. Höhe, also hinreichender lichter Weite und Höhe für die durchfahrenden Eisenbahnzüge bilden. Die Pfeileraufsätze der Strompfeiler besitzen nach der Länge der Brücke die der erforderlichen größeren Auflagerfläche und doppelten abzutragenden Last entsprechende größere Stärke von 1,4 Meter, während die Pfeileraufsätze der Landpfeiler eine solche von 0,7 Mtr. am oberen und von 1,1 Mtr. am unteren Ende haben. Die nach der Breite der Brücke durchaus gleiche Stärke beider beträgt 0,75 Mtr. am oberen und 0,85 Mtr. am unteren, mit der gußeisernen Basis verbundenen Ende.

Unter die neuesten Beispiele schmiedeeiserner Aufsätze auf steinernen Pfeilern gehören die Pilonen der von Schmid entworfenen und in der Eisenbauanstalt von Friess und Sohn in Sachsenhausen hergestellten, im Jahre 1869 vollendeten, versteiften Charnierhängebrücke für Fußgänger über den Main zwischen Frankfurt und Sachsenhausen²¹⁷), s. Fig. 1024 bis 1060, deren Träger nach dem auf Seite 206 und 207 erwähnten System von Röpke

Fig. 1024 bis 1026. Charnierhängebrücke über den Main bei Frankfurt.

angeordnet und nach der von K i t t e r aufgestellten Theorie²¹⁸⁾ unter Zugrundelegung einer Verkehrsbelastung von 75 Holspfund per □' preussisch Maß statisch berechnet sind. Diese Träger, welche ein nunmehr ausgeführtes Beispiel der auf Seite 211 beschriebenen, als „der Zukunft zur Ausführung vorbehalten“ bezeichneten, zweiten Anordnung des dritten Entwicklungsstadiums der Hängebrücke darbieten, überspannen zwei Seitenöffnungen von je 39,56 Mtr. (139' Frnkf.) und eine Mittelöffnung von 79,69 Mtr. (280' Frnkf.).

Fig. 1027.

Fig. 1029.

Fig.

Fig.

Fig.

Fig.

Fig. 1027 bis 1039. Details zur Charnierhängebrücke über den Main bei Frankfurt.

Sie bilden vier ähnliche, mittelst Vertikalständern und Diagonalverbindungen steif konstruirte, Abtheilungen mit kreisförmiger, nahezu parabolischer oberer und gerader unterer Gurtung, welche über den beiden, 2,85 (10' Frnkf.) breiten steinernen Strompfeilern auf jenen 6,34 (22,3' Frnkf.) hohen, schmiedeeisernen Pfeileraufsätzen an gemeinschaftlichen, auf Rollenstühlen horizontal verschieblichen Charnierbolzen aufgehängt und in der Brückenmitte mittels eines Scheitelcharniers beweglich verbunden sind, während sie an den Landpfeilern auf festen gußeisernen Schiebplatten ruhen, von wo deren Gurtungen polygonförmig über

zwei gußeiserne Böde geführt und dann in vertikaler Richtung gegen wagrecht liegende Gußplatten mittels schmiedeeiserner Querbolzen und doppelter Spannseile in zugänglichen Kammern verankert sind. Die von schmiedeeisernen Geländern begrenzte, im Lichten derselben 3,98 Mtr. (14' Frnkf.) breite, von den Ufern nach der Mitte um 28,46 Cmt. (1' Frnkf.) steigende Verkehrsbahn besteht, wie Fig. 1027 zeigt, aus 4,74 Cmt. (2" Frnkf.) starken, zur Wasserableitung

Fig. 1040.

Fig. 1041.

Fig. 1044.

Fig. 1040 bis 1046. Details der Charniechängebrücke über den Main bei Frankfurt.

leicht gebogenen, kiefernen Querböhlen auf acht kiefernen Streckbäumen, die auf 2,75 Mtr. (10' Frnkf.) von einander entfernten, im Querschnitt I-förmigen, schmiedeeisernen Querträgern ruhen, welche letztere an die unten geraden Gurtungen der Hauptträger mittels doppelter Winkeleisen und Nieten ange-schlossen sind. Die erforderliche Seitenversteifung ist durch einen zweifachen,

horizontalen Kreuzverband aus Winkleisen bewirkt, welche mittels schmiedeeiserner Horizontalplatten an die Enden und Mitten der Querträger genietet wurden.

Die obere gekrümmte Gurtung besitzt, wie Fig. 1039 zeigt, einen U-förmigen Querschnitt mit einer 42,69 Cmt. (1,5' Frakk.) breiten, aus übereinander liegenden schmiedeeisernen Platten zusammengesetzten, oberen Kopfplatte, dem eigentlichen Zugbände, und zwei, durch je zwei Winkleisen mit diesem vernieteten, Vertikalplatten.

Fig. 1047.

Fig. 1049.

Fig. 1051.

Die untere gerade Gurtung hat einen, in den Figuren 1036 bis 1039 dargestellten, lastenförmigen Querschnitt, welcher aus vier Winkleisen mit zwei vertikalen, zunehmenden Anspruchnahmen entsprechend aus Gitterwerk und Blechplatten hergestellten, Wandungen besteht, während dessen wagrechte Wandungen aus Gitterwerk gebildet sind. Die in den Fig. 1036 bis 1039 dargestellten Vertikal-, sowie die in den Fig. 1033 bis 1035 dargestellten Diagonal-Verbindungen der Gurtungen sind aus je vier Winkleisen mit einfachem

Gitterwerk hergestellt und jene von innen, diese von außen gegen die Vertikalandungen der Gurtungen genietet.

Die schmiedeisernen Pfeileraufsätze, wovon Figur 1047 eine Quersansicht, Fig. 1049 einen Querschnitt, Fig. 1050 den Horizontalschnitt, Fig. 1048 die Draufsicht und Fig. 1051 den Längenschnitt giebt, zeigen die Anordnung von Thoren, deren schmiedeiserne Ständer aus vertikalen, rechteckigen, mit einer Scheidewand versehenen Kästen und je zwei angeschlossenen, äußeren Strebewänden bestehen, auf U-förmigen gußeisernen, mit dem Quaderwerke verankerten, mit Rippen versehenen Unterlagsplatten stehen und einen schmiedeisernen Kasten tragen, worauf die gußeiserne Unterlagsplatte für den Rollstuhl des Pfeilercharniers ruht. Jene vertikalen Kästen sind aus Winkleisen, unten und oben aus Eisenblech, in der Mitte aus Gitterwerk gebildet, während die oben auslaufenden Strebewände ebenfalls aus Gitterwerk bestehen und einen Fuß aus Eisenblech besitzen. Die Querbalken jener Thore sind aus je zwei, oben durch Gitterwerk vereinigten, Blechbalken mit I-förmigem Querschnitt hergestellt, welche durch dreieckige Versteifungsbleche mit den Ständern verbunden sind. Die vier, in Fig. 1052 bis 1060 dargestellten, Pfeilercharniere bestehen aus je einem, 16,59 Cmt. (7" Frnff.) im Durchmesser haltenden, schmiedeisernen Bolzen, welcher in dem ausgedrehten, oben durch einen gußeisernen Halbcylinder geschlossenen Lager des gußeisernen Rollstuhls ruht und die aus vertikalen, in einander greifenden Blechplatten gebildeten, durchbohrten Enden der oberen gekrümmten Gurtung aufnimmt. Jeder Rollstuhl ruht auf fünf, in der Mitte mit Verstärkungsrippen versehenen, unter sich verbundenen Walzen, welche sich auf der oben erwähnten, mit einer jenen Rippen entsprechenden Nuth versehenen, gußeisernen Unterlagsplatte wälzen. Die zwei Scheitelcharniere bestehen aus je einem schmiedeisernen Bolzen von gleichem Durchmesser, welcher die gleichfalls in vertikale, in einander greifende, durchbohrte Bleche endigenden, gekrümmten Gurtungen der beiden Trägerhälften aufnimmt, während die unteren geraden Gurtungen außer Verbindung stehen. Die zum Zwecke der Umfassung der Charnierbolzen erforderliche Umsehung der wagrecht auf einander liegenden in vertikale Gurtungsplatten ist durch eine allmähliche Verjüngung der ersteren bewirkt, welche zwischen die letzteren eintreten und daselbst zur Wiederherstellung des verlorenen Querschnitts durch seitlich, oben und unten angebolzte Flach- und Winkel-Schienen verstärkt sind, während die Verbindung der wagerechten und lothrechten Platten durch vier, innen angebrachte Winkelschienen hergestellt ist. Die Befestigung dieser Plattenlager, welche wegen deren bedeutender Dicke, sowie wegen des in der Nähe der Charnierbolzen beschränkten Innenraumes der Gurtungen nicht durch Nietung bewirkt werden konnte, erfolgte unter Anwendung konischer Bolzen mit etwa $\frac{1}{20}$ Verjüngung ohne Kopf, die mittels der Mutter in den konisch ausgebohrten Bolzenlöchern der zu verbindenden Platten fest angezogen wurden.

Fig. 1052 bis 1060. Pfeile zur Ornamentirung der Pfeiler der Eisenbrücken in Frankfurt.

Die unteren, geraden Gurtungen ruhen auf gußeisernen, in die Land- und Strompfeiler eingelassenen Schiebepplatten und ergeben sich, sowie die Verankerungen der Gurtungen, sammt den Ueberführungen derselben über die gußeisernen Böcke, aus den Figuren 1040 bis 1046. Da das Planum des Frankfurter Mainquais an der Brückenstelle 13,25' Frnkff., der höchste Wasserstand von 1784 dagegen 24' Frnkff. und mit Bezug hierauf die Verkehrsbahn der Brücke an den Landpfeilern 27' Frnkff. über Null des Frankfurter Pegels die Zugänge zur Brücke den Quairaum nicht erheblich beschränkt wurde sowohl auf dem rechten oder Frankfurter als auf dem li. über dem Verankerungsmauerwerk ein gleichartiger Treppenaufgang angeordnet.

Das Eisenwerk wurde nach sorgfältiger Reinigung von einem Diamantfarbe- und hierauf mit einem dreifachen Oelfarbenanstrich versehen und Reile dagegen mit einem Theer-Anstrich am 21ten September 1869 angestellten Belastungsproben, mit Rohgußeisenklücken von je 1 Ctr. Gewicht bis zu 75 Pfd. per □' preuß. während drei Stunden gleichmäßig beschwert warbleibende Einsenkung von 2,37 Cmt. (1" Frnkff.), welche Theil als die Folge einer festeren Auflagerung der Verankerungen den Unterlagsböcken und einer Eindrückung dieser letzteren in ihr wodurch sich die Anfangspunkte der Bogen über ihren Auflager-Millimeter verschoben, anzusehen ist. Die Verkehrsbahn der Brücke nimmt nunmehr bei der eintretenden höchsten Temperatur bei Abnahme derselben eine zunehmende konvexe Lage an. A bei einem sechs volle Tage dauernden Auftragen sowie bei dem der Probelaftung, unvermeidlichen, mannichfaltigen einseitigen erwiesen sich die Träger als hinreichend steif.

Das Totalgewicht der Eisenkonstruktion beträgt 4750 Ctr.

die Mittelbrücke	1890	„
beide Seitenbrücken	2040	„
die Verankerungsbänder und Reile	321	„
die Pfeileraufsätze	298	„
die Geländer	201	„

entfallen, welches einem Gewicht derselben von 8,22 Ctr. p. Frnkff. oder 1444 Kg. p. laufenden Meter entspricht. Die Kosten des Baues belaufen sich auf 120,000 Fl., wovon auf den Unterbau auf den Oberbau 66,000 Fl. zu rechnen sind. Die Kosten des Aufbaues belaufen sich mithin auf 114,3 Fl. für den laufenden Fuß Frnkff. für den laufenden Meter.

Historische Ergebnisse für die Anwendung und Anordnung eiserner Brückenpfeiler. Ein Rückblick auf die hier erörterten Pfeilerkonstruktionen mit vollen und durchbrochenen Wandungen zeigt, die fast ausschließliche Anwendung des Gußeisens für die gedrückten, die volle Belastung der Brückenträger aufnehmenden Haupttheile der Pfeiler, während bei den neuesten Konstruktionen der durchbrochen gebauten Pfeiler zu den Horizontal- und Kreuzverbindungen jener gußeisernen Haupttheile das Schmiedeeisen als die zähere und geringere Abmessungen zulassende Materialgattung verwendet erscheint. Die ausschließliche Anwendung des Schmiedeeisens zu gegliederten Brückenpfeilern zeigt sich vorerst noch vereinzelt und hier nur zu Pfeileraufsätzen, bietet jedoch dann den Vorzug einer größeren Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen und einer bequemerer Verbindung der einzelnen, infolge des Walzens mit glatten Oberflächen versehenen Theile. Hinsichtlich der konstruktiven Anordnung der Pfeiler zeigt sich bei dem System mit undurchbrochenen Wandungen, den statischen Gesetzen der relativ größten rückwirkenden Festigkeit und Stabilität bei gleichem Materialaufwand entsprechend, die Form des Hohlkörpers, insbesondere des hohlen Cylinders, angewendet, während bei dem offen gebauten System ein Fortschreiten von den, auch in ihrem Kern mit Tragsäulen versehenen Pfeilern bis zu jenen, die, dem angeführten statischen Prinzip entsprechend, zu vollständigen Hohlkörpern ausgebildet sind, stattfindet. War der Zweck jener, im Kern befindlichen Tragsäulen, die Hauptbelastung aufzunehmen, während der Mantel jener Pfeiler nur deren Stabilität zu befördern bestimmt war, so erfüllen die Wandungen der zu vollständigen Hohlkörpern ausgebildeten Pfeiler gleichzeitig den Zweck der Stabilität und der Uebertragung ihrer Belastung. Im Gegensatz zu den, aus einzelnen cylindrischen Röhren mit vollen Wandungen bestehenden, Brückenpfeilern erscheinen als die vollkommensten offen gebauten Pfeilerkörper diejenigen mit rechteckigem Horizontalschnitt, eine Form, welche sowol der Gestalt der nothwendig rechteckigen Auflagerfläche der Brückenträger sich trefflich anschließt, als auch den durch seitlich wirkende Kräfte, wie Windstöße, veranlaßten Biegungen der Pfeiler, aus theoretischen und praktisch bestätigten Gründen den wirksamsten Widerstand entgegensetzt. Die Zukunft wird aber die Frage zu erwägen haben, ob diesen, unten durch Verankerung im Sockelmauerwerk festgehaltenen, oben, abgesehen von ihrer Vertikalbelastung, durch Sturmwind horizontal und mehr oder minder gleichmäßig belasteten Körpern die Form einer abgestuften, mit geraden Kanten versehenen Pyramide als die zweckmäßigste entspreche. Gerade die erforderliche schmale Auflagerfläche der Brückenträger weist auf eine nach oben zugespitzte Endigung der Pfeiler und theoretische Untersuchungen über, am einen Ende eingespannte und gleichförmig belastete, Balken auf andere als gerade Begrenzungslinien derselben hin.

Dritter Abschnitt

Die Fundamente der eisernen

Die Fundamente der eisernen Brücken bestehen in
selben, aus Stein oder Eisen, jedoch wurden auch hi
ausgeschlossen. Bis zum Anfang der dreißiger Jahr
wurden die Brückenfundamente fast ausschließlich von
der Form des liegenden oder Pfahlrosts, oder von Stein
Form eines Mauer- oder Bétontörpers, ausgeführt. A
in Eisen sind die, gewöhnlich gußeisernen, an den Fu
Stangen befestigter, Schraubenflanschen Mitchell's
man vom Jahre 1834 ab gewissen Seebauten, wi
thürmen, Seehafendämmen und Landungsbrücken eir
ders in dem Sande des Seeufers, zu verschaffen wuß
dung der Schraubenpfähle zeitlich zunächst folgende,
nende Gründungsmethode war diejenige mit Anwend
wände, wovon die im Jahre 1837 durch Kapitän Mo
Tewkesburg über den Aven erbaute Eisenbahnbr
darbietet, bei welcher eiserne Kästen vollständig montir
gelassen, eingerammt und hierauf mit Béton gefüllt wi
New-Battersea-Brücke um das Jahr 1850 anger
wand wurde dagegen aus einzelnen gußeisernen I
in Entfernungen von 2,74 Mtr. (9' engl.) eingerammt
Seiten mit Ruthen versehen waren, zwischen welche
mittels eines eisernen Rammbaren und eines Aufsege
trieb. Nachdem diese Pfähle und Platten 5,18 bis
engl.) in den Boden des Flußbettes eingerammt ware
selben gebildete Kästen mit Béton gefüllt, der sich mi
gemäß trefflich verbindet. Auch bei dem Bau der vo
sechziger Jahre fundirten Chelsea- und Westmi
Themse in London wurde eine eiserne Umschließung
Ruthen versehenen Leit- und flachen Spund-Pfähle
sorgfältiger Ausbaggerung des weichen Schlamm- und
ausgegossen, worauf zuletzt der massive Pfeilerkörper ge
fundament der Westminster-Brücke enthielt zur Vermeh
fähigkeit eine Anzahl hölzerner Krostpfähle von einer, de

Höhe, über deren Köpfen große Granitblöcke verlegt und deren Zwischenräume mit Béton ausgefüllt wurden. Die gußeisernen Leitpfähle mit den auf den Kopfplatten der gußeisernen Spundpfähle aufgestellten Granitplatten bildeten Umschließungswände, zwischen welchen jene auf den hölzernen Krostpfählen ruhenden Granitblöcke mit ihrer Bétonfüllung zunächst eine Art Krost zur Aufnahme des massiven Pfeilerkörpers, der mit einem durchgehenden Granitsokel begann, darstellten.

Zur Vermeidung besonderer Spundwände und Fangdämme wendete der französische Ingenieur Bluyette im Jahre 1856 beim Bau der steinernen Brücke zu Nogent an der Marne eine Umhüllung des Fundaments aus Eisenblech an, deren oberer Theil, nachdem er den Dienst als Fangdamm verrichtet, wieder abgenommen wurde. Diese Blechhülle bestand aus drei Zonen, deren unterste einer 3 Mtr. hohen Bétonschicht entsprach und aus dünnem Blech gebildet war, die mittlere, 3,5 hohe Zone dem größten, während der Ausführung des Mauerwerks stattfindenden Wasserdruck gewachsen, also am steifsten sein mußte und die oberste, 2,5 Meter hohe, später wieder entfernte Zone, dem geringeren Wasserdruck entsprechend, schwächer war. Jede Zone bestand aus mehreren Blechstreifen, die an ihren Horizontalfugen von außen durch angenietete Winkelleisen geschlossen und verstärkt wurden, während im Inneren vertikale, mit horizontalem Zuganker versehene T-Eisen angebracht waren, die beziehungsweise im Béton und Mauerwerk verblieben.

Als die nächsten, auf diese Schraubenpfähle und eisernen Umschließungen folgenden Anwendungen des Eisens zu Brückenfundamenten sind die im Jahre 1847 verwendeten engen, hohlen eisernen Cylinder anzusehen, welche ihr Erfinder Dr. Pott den Pfählen eines Pfahlrosts nachgebildet hatte und, indem er die im Innern der Pfähle enthaltene Luft möglichst verdünnte, statt durch Rammarbeit, durch den auf diese Weise erzeugten Ueberdruck der atmosphärischen Luft eintreiben ließ. Diese, deshalb von ihrem Erfinder pneumatische Cylinder genannten, unten offenen, oben mit einem luftdicht schließenden Deckel, durch welchen ein Luftrohr ging, versehenen gußeisernen Röhrenpfähle, welche in locherem Boden, wie in Sand und losem Kies, durch einen Ueberdruck der äußern Luft in Verbindung mit dem eignen und einem besondern Belastungsgewichte mehr oder weniger leicht niedergetrieben, hierauf nach Abnahme des Deckels durch Herausheben des eingedrungenen Grundes entleert, nach luftdichter Befestigung des Deckels wieder evakuiert und weiter eingetrieben werden konnten, erwiesen sich bei Gründungen in festerem Baugrunde oder in weichem Baugrunde, worin man auf Hindernisse stieß, als unzureichend und wurden vom Jahre 1861 ab durch eiserne, luftdichte Cylinder ersetzt, aus welchen man durch Verdichtung der innern Luft das Wasser auspreßte und hierauf im Trocknen durch Handarbeit den Boden im Innern beseitigte und so den Cylin-

der, gleichfalls mit Hülfe seines eignen und eines besonderen Nach und nach zum Niedergehen bis zum festen Baugrund zu diesem Jahre begonnenen Foundation der Brücke über den Mecheester, woselbst man bei Gründung des einen Landpfeilers Holz und Steine, die wahrscheinlich von einer alten Brücke her und deshalb von der Pott'schen Gründungsmethode abgehen müllich der die Ausführung der Brücke leitende Ingenieur Hughes, Cavé und Mongel bereits im Jahre 1841 bei dem Abbau der flöße an der Charente, zwischen Rochefort und Ingrande zur etwa 20 Mtr. mächtigen, wasserführenden Sandschicht unter dem des Flusses angewandte Verfahren ein, welches darin bestand, festgeschlossenen weiten Röhre zu verdichten und hierdurch das Wasser unter ihrem unteren Rande hinauszupressen, um in den Cylinders hinabsteigen und dort, durch Beseitigung des Bodens und am Rande des Cylinders durch Handarbeit, diesen zum absinken bringen zu können. Um das Ein- und Aussteigen der lichen Mannschaft bewirken zu können, ohne den ganzen Börtmirten Luft zu verlieren, hatte man auf das obere Ende der Rschleuse, d. h. einen cylindrischen Aufsatz geschraubt, dessen verschließbaren Oeffnungen versehener Boden den Arbeitern, gehobenen Grunde, den Durchgang gestattete. Indem die gklappen dieser Böden nach einander geöffnet und hierdurch der Schleuse abwechselnd mit der äußeren und inneren verdichtbindung gesetzt werden konnte, erhielt man selbst während die die erforderliche Luftspannung im unteren Arbeitscylinder. mußte bis zu der Wassertiefe von 20 Mtr. 3 Atmosphären bet Wasser säule und dem Druck der atmosphärischen Luft das Gleten; ein Luftdruck, bei welchem nach den von Las Casas v Beobachtungen Menschen noch leben und arbeiten konnten.

Diese auf die Anwendung verdichteter Luft basirte Fr verdrängte bald das Pott'sche Gründungsverfahren und wurd Versenkung von Fundamentröhren eiserner, bis zum festen lreichender Brückenpfeiler, auch auf die Versenkung steinerne und Fundamente angewendet, indem man auf einer eisernen Ar mit eisernen, in Luftschleusen mündenden, beim Aufmauern an und Arbeitsschächten versehen war, die Mauerung über Wass durch die Belastung des Mauerwerks, sowie durch die Bodern der Arbeitskammer, gleichzeitig den allmäligen Niederg bis zum festen Baugrund bewirkte, worauf die Arbeitskamm Schächten, nach Entfernung der in ihnen befindlichen eiserner

einander mit Béton ausgefüllt und hierdurch ein massives Pfeilerfundament gebildet wurde.

An diese Herstellung massiver Brückenfundamente mittels comprimirter Luft reiht sich beim Bau der ostindischen Eisenbahn von Calcutta nach Delhi, für welche die Beschaffung des pneumatischen Gründungsapparates aus Europa zu kostspielig erschienen war, im Jahre 1861 die Anwendung eines, angeblich schon seit Jahrhunderten von den Eingebornen Ostindiens bei Fundirungen eingehaltenen, Verfahrens der Gründung von Brückenpfeilern auf einzelne runde, im Inneren hohle, gemauerte Senkbrunnen, welche, wie die gewöhnlichen Brunnen, durch ein gleichzeitiges allmähliges Ausgraben des Grundes im Innern und durch Aufmauern auf einem eisernen winkelförmigen, durch Eckbleche versteiften Kranz, einem sogenannten Schling, mit welchem sie verankert sind, bis auf den festen Baugrund gesenkt und dann durch eine gemauerte, allmählig vorgefragte Abdeckung unter einander verbunden wurden. Die Schwierigkeit der hierbei erforderlichen gleichzeitigen Versenkung mehrerer naheliegender Brunnen führte bei Erbauung der Parnitzbrücke in Stettin im Jahre 1866 zur Herstellung von Brückenpfeilern durch die Versenkung eines einzigen Senkbrunnens. Dies Verfahren, welches schon der ältere Brunel im Jahre 1825 bei Versenkung des großen cylinderförmigen, 30,48 Mtr. (100' engl.) im Durchmesser haltenden Arbeitsschachtes für den Themsetunnel an der Wapping-Seite durch plastischen und leetigen Thon bis zu einer Tiefe von 30,48 Mtr. (100' engl.) eingeschlagen hatte, wobei freilich durch den, in dem wasserundurchlässigen Baugrunde vorhandenen geringen Wasserzudrang die Gewinnung des Bodens durch gewöhnliche Handarbeit gestattet und dadurch das Gründungsverfahren wesentlich vereinfacht war, hatte sich bereits im Jahre 1861 bei Versenkung eines Wasserbrunnens von 12,19 Mtr. (40' engl.) innerem Durchmesser und aus 0,94 Mtr. (3' engl.) dickem Backsteinmauerwerke für eine Brauerei von Allsopp zu Burton am Trent in Sand- und Grandboden bis zu einer Tiefe von 12,19 Mtr. (40' engl.) auch bei Gegenwart von Wasser als ausführbar erwiesen. Durch die Anwendung einer, im untern Theile des runden und hohlen Drehpfeilers der Parnitzbrücke angebrachten, mit durch Luftschleusen abgeschlossenen Schächten versehenen, Arbeitskammer waren jene Verfahren wesentlich vervollkommenet worden; eine Anordnung, welche bei den, aus je zwei kleinen, 8,13 Mtr. (25' 9" engl.) von Mitte zu Mitte entfernten Senkbrunnen von 5,65 Mtr. (18' preuß.) Durchmesser, die über Mittelwasser durch ein flaches, verankertes Gewölbe mit einander verbunden sind, gebildeten Landpfeilern derselben Brücke durch die Herstellung eines Steigerohrs für den Abfluß des Wassers im Innern der Röhre eine weitere Vervollkommenung erfahren hat. Zur Gründung von Brückenpfeilern auf einem einzigen Senkbrunnen mit der, ihrer Bestimmung

sich besser anschließenden rechteckigen Grundform dürfte die Versenkung der hohlen rechteckigen Pfeiler führen, welche bei Erbauung der, auf dem südlichen Ufer des Sandthorhafens in Hamburg erforderlichen, Raimauer auf einem Bohlenkranz aufgemauert, nach Erhärtung des Mauerwerkes durch Ausbaggerung auf die erforderliche Tiefe gesenkt und dann zur Unterstützung des Kais durch Gurtbogen verbunden wurden.

Als die neueren, vorzugsweise auch zur Herstellung von eisernen Brücken angewandten Gründungsmethoden sind hiernach diejenigen mit Benfpfählen, welche bei Betrachtung der eisernen Brückenpfeiler den sind, diejenigen mit Röhrenpfählen und Senkbrunnen mit oder ohne Anwendung von verdünnter oder verdichteter Erde, Gründungen mit Anwendung eiserner Spundwände zu unterlegen, indem wir die älteren, unter anderen in dem zweiten Theile der Schule der Baukunst²¹⁹⁾ behandelten, Gründungsmethoden als setzen, zunächst zu betrachten sind.

Erstes Kapitel.

Die Fundamente mit eisernen Umschließungen

I. Die gußeisernen Umschließungen.

Auf die, von Mitchell im Jahre 1834 vorgeschlagene Anwendung des Eisens zur Herstellung von Brückenstützen oder Pfählen, welche im zweiten Kapitel des vorigen Abschnitts vor 399 dargestellt und beschrieben sind, folgte im Jahre 1837 Anwendung des Eisens zu Gründungen die Herstellung von eisernen um welche Zeit Kapitän Moorsom die Gründung einer Eisenbrücke in der Nähe von Tewkesbury²²⁰⁾ durch Herabstellen fertig zusammengesetzten eisernen Kastens bis auf das Einrammen, Ausschöpfen der weichen Bodentheile und Ausfüllung mit Beton bewirkt und hierdurch die Anlage von Fangdämmen und des Wassers umgangen hatte.

Auch das beim Bau der neuen Battersea-Brücke²²¹⁾ in Anwendung gekommene Verfahren hatte den Zweck, die Gründung ohne Fangdämme, jedoch nicht mittels fertig montirter, sondern eingerammten eisernen Spundpfählen gebildeten Spundwände zu

innerer Raum dann ebenfalls mit Béton ausgefüllt werden sollte. Das Einrammen der eisernen, auf beiden Seiten mit Nuthen versehenen Leitpfähle der Spundwand erfolgte hinter einer, zuvor nach Maßgabe der zuerst aufgestellten Merkpfähle um die Baustelle des zu gründenden Pfeilers geschlagenen, hölzernen Spundwand in Entfernungen von 2,74 Mtr. (9' engl.), zwischen welche hierauf die in jene Nuthen passenden, gußeisernen Platten mittels eines eisernen Kammhärens und eines umgekehrt T-förmigen Aufsetzers von Ulmenholz, dessen unterer wagrechter Theil eine Stärke von 35 Cmtr. (14" engl.) im Quadrat bei 2,29 Mtr. ($7\frac{1}{2}'$ engl.) Länge, und dessen oberer senkrechter Theil 3,05 Mtr. (10' engl.) Länge hatte, eingetrieben wurde. Die auf diese Weise 5,2 bis 5,5 Mtr. (17 bis 18' engl.) in den Boden des Flussbetts hinabgetriebenen Leitpfähle und Platten wurden, nachdem der aus ihnen gebildete Kasten geschlossen war, mit Béton ausgefüllt, der nach den zuvor gemachten Erfahrungen sich mit dem Eisen fest verband.

Der vorgeschriebenen Gründung mit Umgehung der Fangdämme ähnlich waren die Fundirungen, welche Page bei Erbauung der dem Chelsea-Hospital in Chelsea oberhalb London gegenüber gelegenen, im Jahre 1852 begonnenen Kettenbrücke²²²⁾, sowie bei der, an Stelle der aus 15 gemauerten Halbkreisbogen bestehenden alten Westminsterbrücke, welche von Portlandstein erbaut und in Folge der Wetterunbeständigkeit dieses Materials vielfachen Reparaturen ausgesetzt gewesen war, im Jahre 1854 begonnenen neuen Westminsterbrücke²²³⁾ mit sieben, zwischen zwei Land- und sechs Zwischenpfeiler aus Mauerwerk eingesetzten, gußeisernen Bogen. Die Chelsea-Kettenbrücke, welche einen ganzen und zwei halbe Kettenbogen besitzt, erforderte hiernach die Gründung zweier, 213,36 Mtr. (700' engl.) abstehender Land- und zweier 107,29 Mtr. (352' engl.) von einander entfernten Mittelpfeiler, welche 5,79 Mtr. (19' engl.) Breite und 26,82 Mtr. (88' engl.) Länge haben, und zu deren Gründung in 0,91 Mtr. (3' engl.) Entfernung 32,5 Cmtr. (13" engl.) im Quadrat haltende hölzerne Pfähle eingerammt, 7,62 Mtr. (25' engl.) unter dem Wasserspiegel abgeschnitten und mit einer Spundwand aus gußeisernen Platten und Pfählen umgeben wurden. Zwischen diese 2,74 Mtr. (9' engl.) von einander entfernten Pfähle wurden jene 2,5 Cmtr. (1" engl.) starken, mit 15 Cmtr. (6" engl.) hohen Rippen versehenen, gußeisernen Platten eingetrieben. Nachdem der zwischen den hölzernen Pfählen befindliche Grund so weit als nöthig ausgehoben war, wurde dieser Raum mit, aus 5 Theilen Ries und 1 Theil blauem Liaskalk bestehendem, Konkret ausgefüllt, worauf zwei Schichten Sandsteinquader verlegt wurden, welche den mit dem Kettenauflager versehenen, gußeisernen Thürmen als Unterbau dienten.

Die erwähnten sechs Zwischenpfeiler der neuen Westminsterbrücke, s. Fig. 1061 bis 1064, wurden in der Höhe des größten Wasserstandes 3,05 Mtr. (10'

engl.) stark aus Granitquadern im Aeußeren mit einer Hintermauerung aus Ziegelstein hergestellt. Das Innere der Pfeiler erhielt nur unter den je 15 gußeisernen Bogenrippen des Ueberbaues massive Quermauern, während die zwischen denselben enthaltenen Räume mit Konkret gefüllt sind. Die massiven Pfeiler reichen bis 0,61 Mtr. (2' engl.) über den höchsten Wasserstand, von wo der Eisenbau beginnt. Unter jedem Zwischenpfeiler wurden 145 kieferne, 37,5 Cmtr. (15" engl.) im Quadrat starke, 9,14 Mtr. (30' engl.) lange Pfähle in Reihen von je 3 und 5 Stück bis auf 5,2 bis 5,5 Mtr. (17 bis 18' engl.) in das unter einer 1,52 bis 2,44 Mtr. (5 bis 8' engl.) mächtigen Riebschicht befindliche Thonlager eingerammt. Diese hölzernen Pfähle sind von einer, aus runden halben Leitpfählen und flachen Spundpfählen bestehenden, gußeisernen Wand umgeben, deren 7,47 Mtr. (24' 6" engl.) lange, 37,5 Cmtr. (15' engl.) starke Leitpfähle so tief eingerammt wurden, daß ihre Köpfe 0,61 Mtr. (2' engl.) über den niedrigsten Wasserstand hervorragten. In die auf beiden Seiten der Leitpfähle angegossenen Nuthen wurden die 4,57 Mtr. (15' engl.) langen, 2,5 Cmtr. (1" engl.) starken Spundpfähle so tief eingerammt, daß deren in eine breite horizontale Kopfplatte endigender Kopf noch 1,83 Mtr. (6' engl.) unter dem niedrigsten Wasserstande verblieb. Auf dem Kopfe dieser Spundpfähle und zwischen jenen Leitpfählen wurden 2,44 Mtr. (8' engl.) hohe, 45 bis 50 Cmtr. (18 bis 20" engl.) dicke Granitplatten aufgestellt, welche somit den zwischen den Leitpfählen verbliebenen Zwischenraum schlossen und in gleicher Höhe mit diesen letzteren endigten. Nachdem aus dem, zwischen den Kostpfählen enthaltenen, Raume aller Schlamm und Sand bis auf den festen Riez ausgebaggert, die oberen Enden der gegenüberstehenden Platte durch Taucher mittels 5 Cmtr. (2" engl.) starker Zügel unter einander verbunden waren, wurden die Kostpfähle 15 Cmtr. (6" engl.) über dem kleinsten Wasser wagerecht abgeschnitten und deren Köpfe sowie die eisernen Leitpfähle durch 20 Cmtr. (8" engl.) breite, 2,5 Cmtr. (1" engl.) starke, in dieser Höhe eingezogene und verschraubte Flacheisen unter einander verankert. Alle Zwischenräume innerhalb der eisernen Wände wurden hierauf mit Konkret aus Riez und Portlandcement bis zu den Pfahlköpfen ausgefüllt, auf alle Pfahlköpfe 45 Cmtr. (18" engl.) hohe, 0,61 Mtr. (2' engl.) im Quadrat haltende Granitblöcke versetzt und deren Zwischenräume ebenfalls mit Konkret gefüllt. Die in der vorbeschriebenen Weise durch die Hohlpfähle und Granitplatten hergestellte Umschließungswand bildete mit den auf den Kostpfählen ruhenden Steinblöcken, sammt dem zwischen dieselbe eingefüllten Konkret, eine 0,61 Mtr. (2' engl.) über dem niedrigsten Wasserstand liegende wagerechte, zur Aufnahme des massiven Pfeilerkörpers geeignete Grundlage, der mit einem 0,76 Mtr. (2½' engl.) hohen, ganz durchgehenden Granitsockel begann. Zum Schutze gegen Unterspülungen wurde der außerhalb der eisernen Wand befindliche Riez ringsum bis auf den Thon ausgebaggert und der hierdurch gebildete Graben mit Konkret ausgefüllt.

II. Die schmiedeisenen U

Statt der vorherbeschriebenen, gußeisernen zöfische Ingenieur Plugette beim Baue der f die M a r n e ²²⁴), deren Flußbett an der Baust 1 Mtr. starken Sand- und Schlammsschicht, a ten von Klaboden und Thon mit Sand un oder 7 Mtr. unter dem niedrigsten Wasserstaut besteht, im Jahre 1856 zur Vermeidung der E Umhüllung des Fundaments aus Eisenblech an, Fangdamm gedient, wieder abgenommen wurd des unteren, die Spundwand vertretenden ' zu machen, beschränkte er die Höhe der Bétu mit dem Quadermauerwerk schon in der Höh gemeinen Anordnung wurde die Blechhülle unterste, der Höhe der Bétonschiicht entsprechend mittlere, 3,5 Mtr. hohe, dem während der Z tretenden größten Wasserdruck gewachsen sei erhielt, und deren oberste, 2,5 Mtr. hohe, ein setzte, nach Aufsführung des Mauerwerks wiede den Ecken abgerundete Eisenblechhülle war 11, jede Zone bestand wieder aus Ringen, welche durch Riete mit, die Hüllen äußerlich umschloß während sich im Innern vertikale, zur Befesti werke verbleibenden Zuganker dienende, T-Ei unteren Zone betrug in den Seitenflächen Flächen 4 Mmtr., während die $\frac{2}{3}$ Cmtr. st einander entfernt waren. Die Blechstärke der in den Seiten- und 8 Mmtr. in den runden 3,917 Mtr. von einander entfernten Zuganke Die äußeren Gurtungen, deren Edeisen be Cmtr. Seite hatten, wovon die erstere sich c 1,5 Mtr. Höhe wieder. Die Blechstärke der durch lösbare Bolzen verbundene Felder getl beseitigt werden konnten, betrug 4,5 Mmtr. in den abgerundeten Flächen, während die Mmtr Stärke, 6 Cmtr. Seite hatten. Die ' mit 2 Haspeln bewirkt, nachdem man das ' dungschrauben gelöst und provisorisch durch !

Hülle nach dem Ausschöpfen des inneren Wassers dem Drucke der äußeren Wassersäule nicht widerstehen konnte, so brachte man darin beim Ausschöpfen eine provisorische Auszimmerung an, welche nach Maßgabe des Fortschritts der Ausmauerung wieder entfernt wurde. Jede Blechhülle wurde auf einer Rüstung ausgeführt, welche man über zwei Rähne von angemessener Größe gelegt hatte. Nach Vollendung der ersten Zone hob man dieselbe mittels acht, auf einem Gerüst befindlicher Schrauben an, entfernte jene Rüstung und ließ die Zone zwischen den Schiffen so tief herabsinken, als nöthig war, um mit dem Aufbringen der zweiten Zone vorgehen zu können. Nach Vollendung der Hülle wurde sie auf den Schiffen nach der gehörig ausgebaggerten Baustelle geführt und dort bis auf den festen Boden gesenkt; eine Operation, welche fünf Stunden in Anspruch nahm. Hierauf wurde der Grund innerhalb der Umschließung mit Handbaggern gehörig gereinigt und dann die Versenkung des Bétons vorgenommen. Nach Mittheilung des Erbauers betrugen bei jeder Hülle die Gewichte

der beiden unteren Zonen	63299,85 Rg.,
der dritten Zone	6577,15 "
zusammen	69877,00 Rg.,
die Bearbeitungskosten des Eisens p. Rg.	0,200 Frs.,
die Kosten der Zusammensetzung, Rüstung, Schiffsmiethe u.	
p. Rg.	0,186 "
die Versenkungskosten der Hülle desgl.	0,003 "
daher in Summa p. Rg.	0,389 Frs.

Die Wasserförderungskosten waren sehr gering, obwol die Wassersäule $5\frac{1}{2}$ Mtr. betrug, und erreichte unter Anwendung einer Lokomobile und einer Pumpe, die nicht über 30 Abfmtr. per Stunde lieferte, nur den Betrag von 1500 Frs. für jeden Pfeiler; ein Beweis, daß die Hülle einen sehr guten Abschluß des Wassers gewährte. Als besonderer Vortheil dieser Blechhüllen ist die Möglichkeit anzusehen, sie schon im Winter anzufertigen und bei günstigem Wasserstande sofort zu benutzen; Umstände, welche eine nicht unbedeutende Beschleunigung der Gründungsarbeiten herbeiführen können.

Die neueste Anwendung schmiedeeiserner Hüllen um Bétonfundamente steinerner Brückenpfeiler wurde bei der vom Baudirektor Berg im Jahre 1866 bis 1868 ausgeführten zweigeleisigen Brücke über die große Weser in Bremen²²⁵⁾ in der Bremen-Oldenburger Eisenbahn, s. Fig. 1065 bis 1074, gemacht, welche, von der Neustadtseite auf dem linken Weserufer ausgehend, drei feste, mittels je dreier Parabelträger überbrückte Oeffnungen von je 45,57 Mtr. (157',48 brem.), zwei Drehbrücken-Oeffnungen für eine zweiarmige parabolische Drehbrücke von je 18,61 Mtr. (64',32 brem.) und eine kleinere feste, mittels dreier kleinerer Parabelträger überbrückte Oeffnung von 18,24 Mtr. (63',04 brem.) Spannweite, daher außer zwei Landpfeilern zwei einfache Strompfeiler,

einen Drehspeiler und zwei Aufschlagepieiler enthält. Die Speiler auf Pfahlroste mit davorgeschlagenen hölzernen Spund sind, erfolgte die Bétonfundamentierung der Strom-, Drehspeiler in schmiedeisernen, die Spundwände ersetzenden Senk- 3,47 Mtr. (12' breit.) unter Null hinabgehen und, nach Vorbereitung der Flußsohle, an starken, auf je zwei, in genügen einander gekuppelten, Transportschiffen errichteten Gerüsten diesen mittels Flaschenzügen und Ketten auf die Flußsohle hinab auf mit Beton ausgefüllt und mit einem starken Steinwurf u

Nach Feststellung der Brückenbaustelle, an welcher die kommende Eisenbahn den Weserstrom innerhalb der Stadt sollte, hatten Bohrungen, die zwischen gekuppelten Schiffen mit Löffelbohrer innerhalb gußeiserner, in das Bohrloch eingelassener führt wurden, an verschiedenen Stellen der Baulinie ergeben, artige Sand schon in einer Tiefe von 2,89 Mtr. (10' breit.) wurde und daß man bereits bei 2,89 bis 3,47 Mtr. (10' bis Null selbst mit dem belasteten und starkbemannten Bohrer nicht einzudringen vermochte. Die in das Strombett eingerammt konnten durch eine Kunststramme mit 950 Pfd. schwerem Varr (12' breit.) nur schwer und bei 4,05 Mtr. (14' breit.) Tiefe unter gar nicht mehr eingetrieben werden, während ein in die Baulinie bagger, welcher an einzelnen Stellen den Sand aus einer Tiefe (12' breit.) unter Null hervorholte, schon bei 3,18 Mtr. (11' einen reinen, von Erdtheilen und Verunreinigungen freien, grobkörnigen Sand zu Tage förderte. Da es unter diesen Umständen, ob man hölzerne, zur Aufnahme der Bétonschüttung bestimmt namentlich in den höher gelegenen Stellen der Flußsohle, in solchen Tiefe dichtgeschlossen hinabtreiben könnte, auch in (12' breit.) unter Null projektirte Bétonsohle wegen der (12' breit.) unter Null zu haltenden Tiefenlage des Fahrwassers war, so gestattete die erwähnte Gründungsmethode, die bei der Bétonfundamentierung mit denen einer sicher und leicht an unter — 3,47 Mtr. (12' breit.) herabgehenden Umschließung. Zudem hatte ein vergleichender Kostenanschlag ergeben, 68,000 Thlr. billiger, als eine solche auf Pfahlrost in Führen wäre, während letztere überdies wegen bedeutenderer der Raumverperrung den Schiffsverkehr während der Bauarbeiten trübt haben würde.

Die nach unten erweiterten Senkklaffen der Stromspeiler 1069, erhielten, dem Grundriß der letzteren entsprechend, eine

Fig. 1065.

Fig. 1068.

Fig. 1069.

Fig. 1065. bis 1069. Pfeiler der Brücke über die große Weser zu Bremen

in je zwei spitzbogige, an der Spitze etwas während der Senklasten des stärkeren Dreh abgerundeten Spitzen besitzt. Alle fünf Se Mtr. (4' brem.) hohen Bonen von $\frac{3}{8}$ " ei mittels $\frac{3}{4}$ ölliger Nieten in $2\frac{1}{2}$ ölliger M wasserdicht zusammengenietet und durch W an welche zugleich die zur Versteifung der der Betonausfüllung und des umgebenden Diagonalversteifungen aus T- und Flac ungleichmäßiges Eindringen ihrer unteren Flußsohle zu verhindern und ihnen einen schaffen, wurden in ihrem Innern und (1' brem.) über ihrer Unterlante ringsheru chen vor der Absenkung 58 Cmt. (2' brem und 17 Cmt. (6" brem.) starke eichene Al (3' brem.) befestigt wurden.

Der Senklasten für den Drehpfeile eine Breite von 12,43 Mtr. (43' brem.) 1 brem.), daher bei $\frac{1}{12}$ Anlauf an der U (45' brem.) und eine Länge von 21,38 2 steifung verwandten T-Eisen messen 12,5 : $\frac{3}{8}$ " engl.), die Flacheisen $7,5 \times 0,9$, ($3" \times \frac{3}{8}"$, $10" \times \frac{3}{8}"$ und $6" \times \frac{3}{8}"$ engl. 1,1 Cmt. ($3" \times 3" \times \frac{7}{16}"$ engl.).

Die Senklasten der Aufschlagepfeiler der Nulllinie eine Breite von 4,79 Mtr. 20,81 Mtr. (72' brem.), mithin bei $\frac{1}{12}$ von 5,37 Mtr. (18' 6" brem.) und eine Die zu ihrer sowie zur Absteifung der Stru $12,5 \times 12,5 \times 0,9$ Cmt. ($5" \times 5" \times 0,9$ und $7,5 \times 1,25$ Cmt. ($3" \times$ felerisen $7,5 \times 7,5 \times 1,1$ Cmt. ($3" \times$

Die Senklasten für die beiden Stru Nulllinie eine Breite von 4,5 Mtr. (20,81 Mtr. (72' brem.), was bei $\frac{1}{12}$ von 5,08 Mtr. (17' 6" brem.) und eine ergibt.

Der während und zur Herstellung Oberfläche der Betonlage und dem jeweil dann bestand in einem, bis zu 1,16 M

Fig 1070 bis 1072. Längenschnitt und Längendurchschnitt eines in der Ausführung begreifbaren Brückens der Brücke über die große Mosel im Rheine.

2 Thlr. 57,6 Grt. brem. für den Bremener Quadratfuß oder 36 Thlr. 22 Sgr. für den □ Mtr. beträgt.

Vor Absenkung der Kästen wurde durch stromauf- und abwärts, sowie durch seitwärts eingeschlagene Richtungspfähle die Pfeiler- und beziehungsweise Brücken-Axe genau abgesteckt, das Strombett gleichmäßig tief und, um einem zu raschen Versanden der Baugrube vorzubeugen, in hinreichender Länge und Breite mit etwa $\frac{1}{6}$ füßigen Dossirungen bis auf 3,47 Mtr. (12' brem.) unter Null ausgebaggert, unmittelbar nach Vollendung dieser Arbeit der vollständig fertig zusammengesetzte und an den über den Transportschiffen aufgebauten starken Gerüsten mittels Ketten, Flaschenzügen und Winden aufgehängte Kästen, s. Fig. 1070 und 1073, durch einen Schleppdampfer von der Fabrik des Lieferanten binnen 2 Stunden an die Baustelle transportirt, die Transportschiffe vor vier Anker, deren Ketten um eben so viele Winden liefen, gelegt und mittels dieser sammt dem Senfkasten binnen durchschnittlich 4 Stunden in die Richtung der beiden erwähnten Axenlinien gebracht, worauf der Kasten durch Nachlassen der Winden auf etwa 3,18 Mtr. (11' brem.) hinabgelassen, nochmals nach beiden Axen einvisirt und nachgerichtet und dann vollständig auf die Flußsohle gesenkt wurde. Mit den zwei Stunden, welche diese letzte Manipulation in Anspruch nahm, erforderte also die Absenkung der Kästen einschließlich ihres Transportes bis zur Baustelle etwa 8 Stunden. Unmittelbar nach Absenkung der Kästen wurden von zwei Schiffsrüstungen aus, in einem Abstände von etwa 1,16 Mtr. (4' brem.) von der Langseite eines Kastens, elf Stück 8,67 Mtr. (30' brem.) lange, scharf zugespitzte Pfähle mittels Zugamme 1,45 bis 1,73 Mtr. (5 bis 6' brem.) tief in das Flußbett geschlagen und unverweilt die aus Porta und weißen Sandsteinen bestehenden Steinwürfe mittels großer Transportfähne von 60 bis 80 Last Tragfähigkeit, sogenannter Weserböcke, welche sich dicht an jene Pfähle legten, eingebracht, worauf man die durch Peilungen ermittelten Unebenheiten so lange ausglich, bis eine regelmäßige Böschung erreicht war. Während die Steinwürfe der Strompfeiler nur einen kleinen Umkreis bedeckten, wurde der Steinwurf des Drehpfeilers über die angrenzenden Drehöffnungen auf eine Strecke von 1,16 Mtr. (4' brem.) ausgebreitet, wodurch die Flußsohle auf die vorgeschriebene Wassertiefe von 2,31 (8' brem.) unter Null zu liegen kam. Die erwähnten, an der Langseite der Kästen eingeschlagenen Pfähle wurden noch während des Einbringens der Steinwürfe verstrebt und verholmt, die Holmen mit Eisenbahngleisen für zwei zum Versenken des Bétons bestimmte Lauftrahnen belegt und dieser aus eisernen, mit Bodenklappen versehenen, nach dem System Michalid konstruirten Senfkästen eingebracht, wobei die Absteifungen dieser Kästen der dichten und gleichmäßigen Vertheilung des Bétons kein Hinderniß entgegensezten. Der angewandte Béton bestand aus 8 Theilen Steinschlag und 5 Theilen, aus 1 Theil Traß, 1 Theil gelöschtem Kalk und 1 Theil Sand gebildetem Mörtel,

welche ohne allen Wasserzusatz auf großen, mit besonderem Mörtelboden versehenen Fahrzeugen von Hand gemengt, mittels dieser nach Bedarf an die Baustelle gefahren und je nach dem Stande des Wassers durch Schaufelwurf, durch Karren oder in Rinnen auf einen, 1,45 Mtr. (5' breit.) über Null an beiden Seiten des als Fängdamm dienenden eisernen Aufsatzes angebrachten Breterboden abgelagert und von da in die Bétonkästen verbracht. Die Bereitung des Mörtels erfolgte auf einem neben dem Sicherheitshafen angelegten Mörtelboden, worauf jener in Karren an das Ufer gefahren und durch einen dort aufgestellten Trichter in die untergelegten Mörtelfahrzeuge geschüttet wurde, die ihn nach den Pfeilerstellen transportirten und den Bétonschiffen zubrachten. Die Qualität dieses Bétons, welcher nach vollendeter Einschüttung eine Höhe von 0,73 Mtr. ($2\frac{1}{2}'$ breit.) unter Null erreichte, mithin eine Stärke von 2,75 Mtr. ($9\frac{1}{2}'$ breit.) hatte, erwies sich nach einer ihm zum Abbinden gelassenen Ruhezeit von 84 Tagen so dicht und fest, daß nach Ablauf dieser Zeit das über dem Béton stehende Wasser durch Handpumpen, Handeimer und Wasserschaufeln beseitigt und das Ebenen der Oberfläche auf 0,87 Mtr. (3' breit.) unter Null, wo mit dem Mauerwerk begonnen werden sollte, nur mittels gut verstählter und geschärfter Spitzhacken bewirkt werden konnte.

Die Belastung der Bétonfundamente berechnet sich:

1. für einen Strompfeiler, wenn das Gewicht des eisernen Ueberbaues, der Schwellen, Schienen und der für den laufenden Fuß zu 5880 Pfd. berechneten Verkehrsbelastung zu 1,492,600 Pfd. und dasjenige des Pfeilers sammt Rollenschuh und Verkehrslast zu 1,624,749 Pfd. angenommen wird, auf 3,117,349 Pfd. oder 1,558,675 Kg. und, da die Bétonschicht des Pfeilerfundaments eine Oberfläche von 87,569 \square Mtr. (1046 \square' breit.) besitzt, auf 17,799 Kg. p. \square Mtr. (2980 Pfd. p. \square' breit.);

2. für einen Aufschlagpfeiler, wenn dessen Oberlast 2,817,337 Pfd. oder 1,408,669 Kg. und die Oberfläche der Bétonfundamentirung 39,011 \square Mtr. (1111 \square' breit.) beträgt, auf 15,000 Kg. p. \square Mtr. (2536 Pfd. p. \square' breit.);

3. für den Drehpfeiler, wenn dessen Oberlast 4,210,273 Pfd. oder 2,105,137 Kg. und die Oberfläche der Bétonfundamentirung 191,8147 \square Mtr. (2291,2 \square' breit.) beträgt, auf 11,000 Kg. p. \square Mtr. (1886 Pfd. p. \square' breit.).

Bleibt man bei der gewöhnlichen Annahme stehen, daß ein Kubikcentimeter Béton je nach der Beschaffenheit des Materials durch ein Gewicht von durchschnittlich 30 Kg. zerdrückt werde, so ergibt sich für die Tragfähigkeit des Bétonfundaments der Strompfeiler eine 16fache, der Aufschlagpfeiler eine 20fache und der Drehpfeiler sogar eine 27fache Drucksicherheit.

Zweites Kapitel.

Die Fundamente mit versenkten und ausgefüllten eisernen Röhren.

I. Ohne Anwendung von Luftdruck versenkte eiserne Röhren.

Zur Anwendung eiserner Röhren bei der Gründung von Brücken mögen die eisernen Bohrtaucher Veranlassung gegeben haben, welche man bei Bodenuntersuchungen zur Reinhaltung der Bohrproben, bei Bohrungen artesischer Brunnen zur Freihaltung des Bohrlochs oder zur Abteufung von Bergwerksschächten einsenkte, während für die Art ihrer Einsenkung die Methode der Ausbaggerung ihres Inneren am nächsten lag, welche man seit Jahrhunderten zur Senkung auf einem Bohlenfranz allmählig aufgemauelter Brunnen angewandt hatte.

Als eine der ersten Brücken, deren Landpfeiler auf die hier angedeutete Art gegründet wurden, kann die im Jahre 1849 durch Brunel erbaute, auf Seite 235 bis 237 bezüglich ihrer Träger und auf Seite 368 und 369 bezüglich ihrer Pfeiler beschriebene Brücke der Great-Western-Bahn über die Themse bei Windsor angesehen werden. Die sechs Paare der 7,92 Mtr. langen, je 2,71 Mtr. nach der Längsaxe der Brücke und je 5,334 Mtr. senkrecht zu derselben von einander abstehenden Säulen mit 1,828 Mtr. äußerem und 1,772 Mtr. innerem Durchmesser wurden durch Ausbaggerung des Bodens aus ihrem Inneren etwa zur Hälfte bis zum festen Grunde gesenkt, worauf sie mit Béton gefüllt wurden.

In der vorbeschriebenen ähnlichen Weise wurde der Pfeiler einer Drehbrücke zu Westerwoort über die Offel gegründet, indem man zwei gußeiserne, mit Ansätzen versehene Röhren von 4,5 Mtr. Durchmesser und 8,5 Mtr. Entfernung von Mitte zu Mitte bis auf den festen Grund senkte. In die erwähnten Ansätze wurden nach außen gekrümmte Platten eingeschoben und nach dem Ausbaggern Alles mit Béton gefüllt.

Auch die eisernen Mittelpfeiler der von Stephenson im Jahre 1854 in der ägyptischen Eisenbahn von Kairo nach Alexandria erbauten und auf Seite 370 bis 372 bezüglich ihrer Pfeiler beschriebenen und abgebildeten Brücke über den Nil bei Benha wurden dadurch gegründet, daß die je zwei, jene Pfeiler bildenden Röhren von 2,13 Mtr. (7' engl.) Durchmesser durch Ausbaggerung des in ihrem Inneren befindlichen Bodens durchschnittlich 10,67 Mtr. (35' engl.) unter den niedrigsten Wasserstand versenkt wurden.

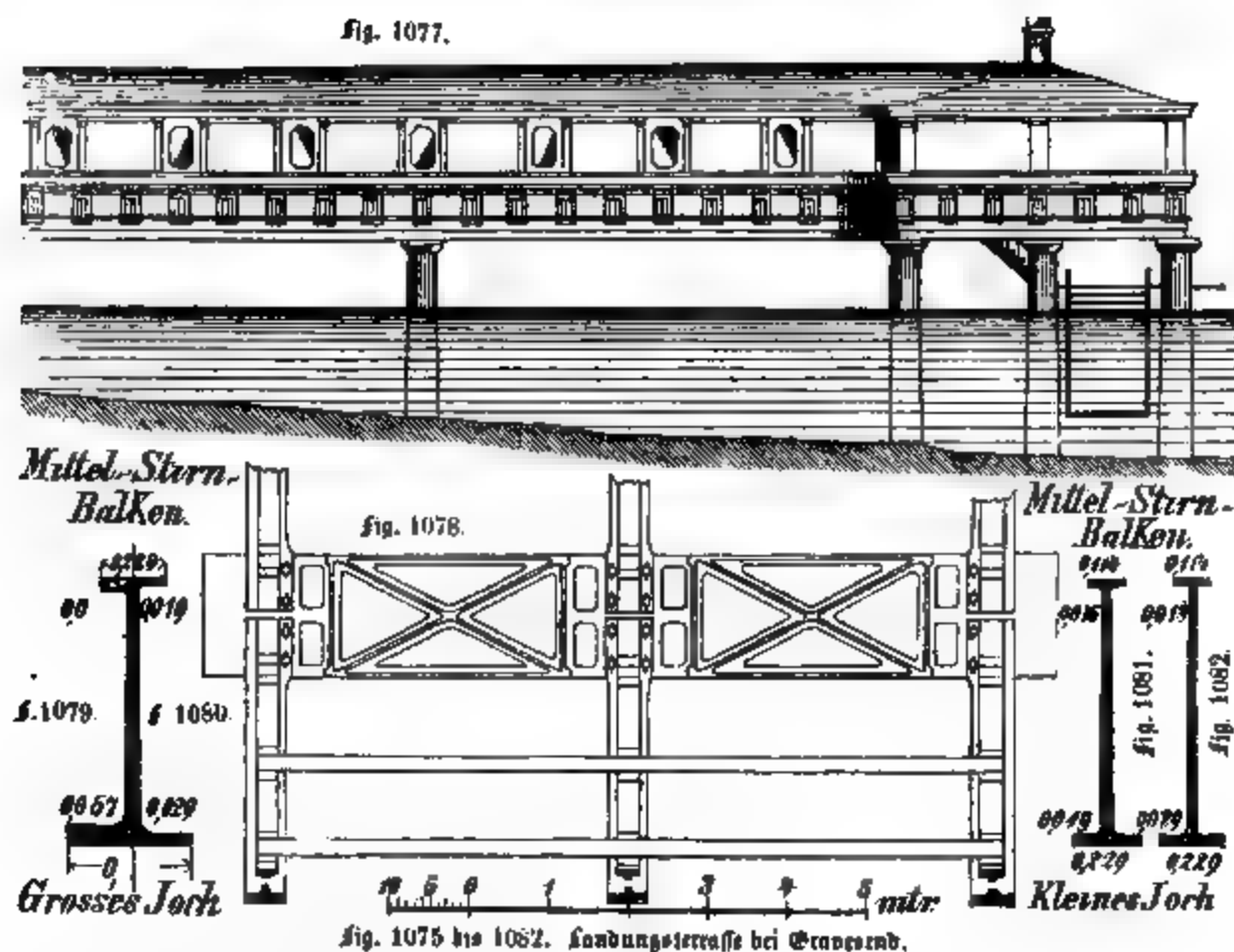
Auch die eisernen Röhren der auf der Zweigbahn von Mans nach Meziidon über die Sarthe um das Jahr 1854 erbauten Brücke von Neuville²²⁶⁾

wurden, abweichend von der ursprünglich beabsichtigten Senkung mittels Kompression der Luft, durch Ausräumen des in ihrem Innern befindlichen Bodens gesenkt. Die gemauerten Pfeiler dieser, aus drei Stichbogengewölben von 15 Mtr. Spannweite und 3 Mtr. Pfeilhöhe bestehenden Brücke ruhen auf einer Reihe von 5 ausgemauerten eisernen Cylindern mit 15 Cmt. Abstand und 1,8 Mtr. innerem Durchmesser, welche wie wurden an den Langseiten jedes Pfeilers zwei und deren Köpfe durch Lang- und Quersch quadratische, den Mantel jedes Cylinders und zur Führung dieses letzteren dienende ! wegliche, provisorische Plattform diente zur 2 Hebezeugs. Die Röhren wurden aus 1 M deren jede aus fünf, durch vertikale Flansch menten bestand, ebenfalls mittels Flanschen unterste, zum Durchschneiden des Bodens be wurde aus Eisenblech hergestellt und mit zug erste wurden auf diese unterste Eisenblech eisernen Trommeln aufgeschraubt und hierdu gebildet, welche, indem man sie mittels des ! der fallen ließ, durch den Sand so weit als ! tels eines schraubenförmigen Ausräu Blechgefäß von etwa 0,4 Mtr. Durchmesser ! Schnecke ähnlichen, Schraube bestand, wu Sand dadurch herausgehoben, daß zwei ar Arbeiter die senkrechte schmiedeiserne Welle je drehten. War der Apparat gefüllt, so wurd gewunden und sein Inhalt in den Fluß g inneren Wänden des Cylinders, bis zu welsch zu gewinnen, stieß man denselben mit eine befestigten Schaufel von dem Rande nach de senkung der Röhren bewirkt wurde. Nöthig Versenken zu großen Widerstand entgegense! Röhre aufgestellten Gerüst eine Art Rammb ein Verfahren, welches man auch zur Gerade dieselbe in Folge eines größeren Kiefels oder f ren Rande sich hatte schief stellen wollen. Al Tiefe eingedrungen waren, begann man mit zwar sog eine starke, von 12 Mann bewegi das Grundwasser, sondern auch den feinen E fördern konnte. Auf diese Weise erreichte m

die möglichst vollkommene Reinigung des Cylinderinneren, dessen Boden man mit einer 0,6 bis 1 Mtr. starken hydraulischen Bétonschicht bedeckte. Nach der im Verlauf von acht Tagen erfolgten Erhärtung des Bétons konnte die Röhre leer gepumpt und mit Backsteinen ausgemauert werden. Dieses Mauerwerk wurde mit etwa 0,4 Mtr. hohen Granitplatten von gleichem Durchmesser abgedeckt, welche zugleich, da die Röhren in gleicher Höhe standen, zur Herstellung des Niveau's in der Höhe des niedrigsten Wasserstandes dienten. Breite Granitplatten von derselben Stärke dienten zur Ueberdeckung der Scheiben und als Sockel für das volle Mauerwerk der Pfeiler. Der obere Theil der Röhre wurde mit einem 10 Mtr. starken, 60 Cmtr. hohen Blechband umgeben und mit dem senkrechten Schenkel eines Winkelleisens vernietet, dessen horizontaler Schenkel zwischen die Scheiben und Deckplatten eingelassen war. Nach der Ausrüstung nahm man nicht die geringste Senkung der Pfeiler wahr, obgleich ein jeder von seiner Basis aus einen Druck von über 6 Kg. p. □ Cmtr. ausübte.

In ähnlicher Weise wurden die 22 gußeisernen Säulen der, auf Seite 372 hinsichtlich ihrer Gesamtanlage und ihrer Pfeiler beschriebenen, Landungsterrasse von Gravesend bei London, s. Fig. 1075 bis 1085, durch Schlamm, gelben Sand, Kies und Gerölle bis auf den festen Kalkfelsen gesenkt, nur bediente man sich, um deren Eindringen in den Boden zu befördern, neben der Baggerung statt des Kammflozes einer ruhenden Belastung. Vor Beginn der Gründungsarbeit und zum Schutze vor dem Stoß der vorüberfahrenden Schiffe hatte man den ganzen Bauplatz mit starken, in regelmäßigen Zwischenräumen eingeramnten Schutzpfählen umgeben und deren Köpfe durch wagrechte Balken verbunden, worauf man eine Eisenbahn für die Aufnahme eines, zur Aufstellung der Säulen dienenden, Hebezeugs von 12,35 Mtr. Höhe legte. Nach Beendigung dieser Vorarbeiten schritt man zur Gründung der Mauer, Strebepfeiler, Pavillons und ersten Säulenreihe, deren Fundamente in eine Tiefe von 6,4 Mtr. unter dem Boden und von 0,305 Mtr. unter dem niedrigsten Wasserstande zu liegen kamen. Die Mauern, Strebepfeiler und Pavillons wurden auf eine Bétonschicht fundirt, während man die Säulen auf rechtwinklige Mauerblöcke aus Ziegeln stellte, deren Zwischenräume mit Kalkstein fest ausgestampft waren. Hieran schloß sich die Aufstellung der übrigen, auf Seite 372 betrachteten, Säulen durch Zusammensetzung von gußeisernen, aus segmentförmigen, mit einander verholzten Platten gebildeten, Trommeln von 1,83 Mtr. Durchmesser und 16 Mmtr. Wandstärke, deren unterster, um leichter in den Boden einzudringen, unten scharfkantig war. Diese Trommeln wurden an den Stellen, welche die Säulen einnehmen sollten, mittels des Hebezeugs hinabgelassen und deren so viele zusammengeschraubt, daß sie über den höchsten Wasserstand hervorragten. Zur Führung dieser Säulenstücke diente oben ein durch Ketten fest mit den Gerüsten verbundener Ring, unten eine auf der Flußsohle ruhende Reihe von Bohlen, s. Fig.

1084, wozu bei den, in größerer Tiefe zu gründenden, Säulen der Quergalerie überdies ein äußerer, bis zur Hälfte der Gründungstiefe eingesenkter Führungscylinder von 2,135 Mtr. Durchmesser, s. Fig. 1085, kam. Um die an ihre Einsenkungsstelle verbrachten Cylinder einzutreiben, baggerte man den inneren Boden bis zu 30 Cmt. Tiefe unter dem Röhrenfuße aus, belastete



sie dann mit einem Gewicht von 5 bis 10 Tonnen und vermehrte dasselbe bei eintretendem Widerstande durch Auflegen einer der Säulen bis zu 20 Tonnen, bis sie niebergingen. Nach drei- bis viermaliger Wiederholung dieser Operation hatten die Röhren die erforderliche Tiefe erreicht, worauf die Saugpumpen hineingestellt und Röhren von 0,15 Mtr. Durchmesser angebracht wurden, die alles

durch den unteren Theil des Cylinders eingedrungene Wasser aufnahmen. Dann führte man das innere Mauerwerk in der früher beschriebenen, bei den Säulen der Querserie von dem der äußeren Säulen abweichenden Weise aus. Bei

II. Mittels verdünnter Luft versenkte r

Etwa zehn Jahre nach Anwendung der ersten eise-
zusammengesetztem Zustande eingesenkten Spundwand,
der, seit dem Jahre 1851 ausgeführten, eingerammte
schlug Dr. Pott, um das Einrammen von Pfählen z
den Baugrund gesenkten hohlen, unten offenen, oben n
aber von einem Luströhr durchsetzten Dedel versehen
mittels doppelter Luftpumpen die Luft möglichst zu ver
Druck der äußeren Luft sowol auf den Dedel des Pfah
unteren Rand umgebende, nicht zu feste Erdreich, wel
vermischt im Innern desselben aufsteigen sollte, den P
der Pfahl auf diese Weise zum Theil gefüllt war, sollte
sein Inhalt ausgeleert, der Dedel wieder aufgesetzt
Neuem begonnen werden. Eine der zahlreichen An
dungsverfahren zeigte der im Jahre 1847 ausgefüh
in der Chester-Holyhead-Bahn auf der Insel
19 gußeiserne Röhren von 3,75 Mtr. ($1\frac{1}{2}$ " engl
über 30 Mtr. (1' engl.) äußerem Durchmesser den
gen. In den 1,22 Mtr. (4' engl.) unter dem Niveau
liegenden, aus Sand und Kies bestehenden Boden wur
engl.) lange Pfahl 3,96 Mtr. (12' engl.) tief eingetri
(6' engl.) entleert und im Uebrigen mit Béton gefüll
besserung erfuhr diese von 1845 bis 1847 zur Fund
Leuchtthürmen und Viadukten benutzte Methode dur
Pfähle mit größeren Luftreservoirs, in welchen man
durch plötzliches Oeffnen des Verbindungsrohres einen
auf den Pfahl und hierdurch ein kräftigeres Eintreib
Tiefe, in welche man auf diese Weise Röhrenpfähle
(1' bis 2,5' engl.) Durchmesser eintrieb, soll 9,14 M
und 6,09 Mtr. (20' engl.) bei Thon betragen haben.
wurden nach und nach, dem allmäligen Einsinken entf
Mtr. (9' engl.) langen gußeisernen Röhrenstücken, di
außen gelehrten, schneidenförmigen Rand hatte, mitte
Bolzen zusammengeschraubt.

Im Jahre 1847 verkaufte Pott sein Patent an
welche seine Methode im Jahre 1849 zu der Gr
den Medway in der Nord-Kent-Eisenbahn bei
Da man bei der Foundation des einen Landpfeilers

durch den unteren Theil des Cylinders eingedrungene Wasser aufnehmen. Dann führte man das innere Mauerwerk in der früher beschriebenen, bei den Säulen der Quergalerie von dem der übrigen Säulen abweichenden Weise aus. Bei dem Ausgießen der letzteren Säulen mit Béton wurde das unten durchsickernde Wasser, um ein Auswaschen des Bétons zu verhindern, durch eine in Figur 1085 dargestellte Röhre aufgefangen, die man darin stecken ließ. Nach Voll-

Fig. 1085.

Fig. 1083.

Fig. 1084.

endung des Mauerwerks wurden die Säulen aufgestellt, mit den Mauerankern verschraubt und die erwähnten Gründungscylinder, wie Fig. 1083 des Querschnitts zeigt, bis auf den unteren, den Mauerkörper umschließenden Theil herausgenommen. Hierauf wurden die Säulen nach Fig. 1083 unter einander verbunden, die in Fig. 1079 bis 1082 dargestellten Balken über sie gestreckt und mit Bohlen belegt.

II. Mittels verdünnter Luft versenkte eiserne Röhren.

Etwa zehn Jahre nach Anwendung der ersten eisernen, im Jahre 1837 in zusammengefügtem Zustande eingesenkten Spundwand, also noch vor Anwendung der, seit dem Jahre 1851 ausgeführten, eingerammten eisernen Spundwände, schlug Dr. Pott, um das Einrammen von Pfählen zu umgehen, vor, in auf den Baugrund gesenkten hohlen, unten offenen, oben mit luftdicht schließendem, aber von einem Luftrohr durchsetzten Deckel versehenen, gußeisernen Pfählen mittels doppelter Luftpumpen die Luft möglichst zu verdünnen, um durch den Druck der äußeren Luft sowol auf den Deckel des Pfahls als auch auf das seinen unteren Rand umgebende, nicht zu feste Erdreich, welches hierdurch mit Wasser vermischt im Innern desselben aufsteigen sollte, den Pfahl einzutreiben. Wenn der Pfahl auf diese Weise zum Theil gefüllt war, sollte sein Deckel abgenommen, sein Inhalt ausgeleert, der Deckel wieder aufgesetzt und die Operation von Neuem begonnen werden. Eine der zahlreichen Anwendungen dieses Gründungsverfahrens zeigte der im Jahre 1847 ausgeführte Viadukt bei Chester in der Chester-Holyhead-Bahn auf der Insel Anglesea, bei welchem 19 gußeiserne Röhren von 3,75 Mtr. ($1\frac{1}{2}$ " engl.) Wandstärke und etwas über 30 Mtr. (1' engl.) äußerem Durchmesser den Krost jedes Pfeilers tragen. In den 1,22 Mtr. (4' engl.) unter dem Niveau der gewöhnlichen Ebbe liegenden, aus Sand und Kies bestehenden Boden wurde jeder 4,87 Mtr. (16' engl.) lange Pfahl 3,96 Mtr. (12' engl.) tief eingetrieben, bis auf 1,83 Mtr. (6' engl.) entleert und im Uebrigen mit Béton gefüllt. Eine wesentliche Verbesserung erfuhr diese von 1845 bis 1847 zur Fundirung von Ankerpfählen, Leuchttürmen und Viadukten benutzte Methode durch die Verbindung der Pfähle mit größeren Luftreservoirs, in welchen man die Luft verdünnte und durch plötzliches Oeffnen des Verbindungsrohres einen Stoß der äußeren Luft auf den Pfahl und hierdurch ein kräftigeres Eintreiben bewirkte. Die größte Tiefe, in welche man auf diese Weise Röhrenpfähle von 0,3 bis 0,76 Mtr. (1' bis 2,5' engl.) Durchmesser eintrieb, soll 9,14 Mtr. (30' engl.) bei Sand und 6,09 Mtr. (20' engl.) bei Thon betragen haben. Die Röhrenpfähle selbst wurden nach und nach, dem allmäligen Einsinken entsprechend, aus etwa 2,74 Mtr. (9' engl.) langen gußeisernen Röhrenstücken, deren unterstes einen nach außen gefehrten, schneidensförmigen Rand hatte, mittels innerer Flanschen und Bolzen zusammengeschraubt.

Im Jahre 1847 verkaufte Pott sein Patent an Fox und Henderson, welche seine Methode im Jahre 1849 zu der Gründung der Brücke über den Medway in der Nord-Kent-Eisenbahn bei Rochester anwandten. Da man bei der Fundation des einen Landpfeilers im Boden auf Holz und

Steine gerieth, welche wahrscheinlich von einer alten Brücke herrührten, so reichte die Pott'sche Methode, die Pfähle einzutreiben, nicht mehr aus und der die Brücke ausführende Ingenieur Hughes führte das in der Einleitung zu diesem Abschnitt bereits beschriebene, im Jahre 1841 von Triger, Cavé und bei dem Abbau der Kohlenflöße an der Charente und später bei mehrerer Schächte in den Bergwerken der Loire angewandte Verfahren, welches statt der verdünnten sich der verdichteten Luft zur Auspressung des Wassers bedient, um innerhalb des Cylinders im Trocknen arbeiten zu können. Die, ursprünglich zur Einsenkung der Röhren mittels verdünnter Luft, gußeisernen Röhren der Rochesterbrücke hatten 1,83 — 2,13 (7' engl.) Durchmesser, bestanden aus 2,74 Mtr. (9' engl.) hohen, aus vier gesetzten Cylindern und wurden deren je 14 zu den vier Pfeilern der Brücke verwandt.

Beim ähnlichen Wechsel des Gründungsverfahrens war man bei der im Jahre 1855 bewirkten Foundation der Brücke über den Great-Pee-Dee-Fluss in den Vereinigten Staaten genöthigt worden, bei welcher sich ein in dem liegenden Baumstamm dem Eindringen der Röhre entgegengestemmt durch dessen Beseitigung, mittels Trockenlegung des Cylinders durch Compression der Luft und hierdurch ermöglichter Befügung desselben, ähnlich dem Pott'schen Verfahren wieder zuwandte. Zur Einsenkung in vorigen Abschnitt beschriebenen Pfeiler dieser Brücke dienten außer Bewegung der Röhrenstücke erforderlichen Apparaten eine Hochdruckpumpe von acht Pferdekraften, zwei Luftpumpen von 0,305 Mtr. Kolbenhub Ventilen von 51 Cmt. Durchmesser, ein Rezipient oder Luftverdichtungsapparat, eine Saugröhre zur Verbindung des Rezipienten mit den Dedeln der Pfeiler, Vorrichtungen, welche auf zwei fest miteinander verbundenen Pfeilern 9,75 Mtr. Breite, 15,85 Mtr. Länge und 1,5 Mtr. Tiefgang hatten. Sobald die einzelnen Theile eines Rohres an Ort und Stelle der Kopf desselben durch eine Kalotte geschlossen, das Saugrohr bei dem Vacuum im Rezipienten hergestellt war, setzte man den letzten Theil des Rohres in Verbindung, worauf in demselben eine Luftverdichtung in Folge dessen die Einsenkung des Pfahls eintrat. Der nussbare Widerstand durch jede einzelne, sowie durch die Gesamtanwendung des Luftdrucks erzielt wurde, ließ sich durch die Tiefe der Einsenkung messen, und hing im Allgemeinen von dem Widerstande der das Rohrende umgebenden Materialien ab. In dem aus reinem, feinem Sande bestehenden Fluss des Great-Pee-Dee-Flusses erhielt man durch den Ueberdruck der atmosphärischen Luft Einsenkungen von 1,8 bis 3,35 Mtr., wobei die Anzahl der Schläge mit dem mehr oder minder bedeutenden Widerstande der umgebenden Sandmassen wechselte. Sobald die Wirkung des Luftdrucks

bzw. das Einsinken des Pfahls aufhörte, mußte der in das Innere der Röhre eingedrungene Grund herausgeschafft werden; eine Operation, die nach Abnahme der Kalotte unter dem gewöhnlichen Luftdruck hätte bewirkt werden können. Durch den erwähnten Baumstamm aber, welcher sich dem Eindringen der ersten Röhre entgegensetzte, war man zur Herstellung einer Luftkammer auf dem Rohre genöthigt worden, welche aus einer, auf den obersten Rand desselben aufgeschraubten, in zwei neben einander liegende, mit Luftausgleichungshähnen versehene Abtheilungen getheilten, Hülle bestand, deren jede oben und unten eine mit Klappen verschließbare Oeffnung zum Ein- und Aussteigen der Arbeiter und zum Hindurchschaffen der leeren und gefüllten Eimer besaß. Nach Beendigung dieser Vorbereitungen wurde die Luftsaugpumpe in eine Luftdruckpumpe verwandelt, in Thätigkeit gesetzt und die Luft mit Hülfe eines im Inneren des Rohres angebrachten, über dem Wasserspiegel des Flusses mündenden Hebers in einem zu dem Auspressen des Wassers geeigneten Grade verdichtet. Während man nun einen, der Pressung der äußern Wassersäule gleichen, Druck unterhielt und hierdurch das Innere des Cylinders trocken legte, schafften Arbeiter den Sand heraus und bewirkten die Beseitigung des der Senkung hinderlichen Baumstammes, worauf man den luftleeren Raum wieder herstellte und die weitere Einsenkung der Röhre in der früheren Weise fortsetzte. In der Folge benutzte man die Luftkammer, wenn in Folge der Luftverdünnung der Sand bis zu einer Höhe von ungefähr 1,9 Mtr. eingesogen und ein Stillstand in der Senkung des Pfahls eingetreten war, erst zur Kompression und dann zur plötzlichen Entlassung der verdichteten Luft, worauf der Druck des äußeren, gewaltsam in die Röhre dringenden, sein Niveau herstellenden Wassers mit Macht den Sand hob und hierdurch eine weitere Senkung der Röhre bewirkte. In dieser Weise wurden die Röhren ohne Unfall durch den Sand auf den darunter liegenden Thonschiefer bis zu einer mittleren Tiefe von 4 Mtr. gesenkt.

Da das Gründungsverfahren mittels verdünnter Luft nur über den Druck von höchstens einer Atmosphäre zu verfügen hatte, mithin nur in leichtem, von besonderen Hindernissen freiem Sand- oder Schlamm Boden zu verwenden war, so wandte man sich in der Folge mehr der für alle Bodenarten ausreichenden Gründungsweise mittels verdichteter Luft zu, deren Anwendung durch die Foundation der beiden zuletzt erwähnten Brücken bereits vorbereitet war.

III. Mittels verdichteter Luft versenkte Röhren.

Die bei Gründung der auf Seite 368 und 437 bereits erwähnten Brücke bei Rochester im Jahre 1851 in dem Flußbett des *Medway* vorgefundenen, wahrscheinlich von den Ueberresten einer alten Brücke herrührenden, Hindernisse hatten zu der Annahme des auf Seite 420 und 437 erwähnten,

beim Abbau von Kohlenflößen an der Charente von Triger, Cavé und Mougé im Jahre 1841 eingeschlagenen Verfahrens der Trockenlegung des Flußbettes innerhalb einer eingesenkten Röhre durch Verdichtung der in derselben enthaltenen Luft, beziehungsweise zu dessen erster Anwendung bei Gründung von Brücken geführt. Diese Brücke besitzt drei Bogen, wovon der mittlere 55,25 Mtr. und jeder der beiden übrigen 45,5 Mtr. Spannweite hat, auf vier Pfeilern, wovon jeder 5,388 Mtr. Breite bei 21,35 Mtr. Länge hat und von vierzehn gußeisernen, cylindrischen, 2,35 Mtr. im Durchmesser haltenden, mit einem gußeisernen Krostbelag bedeckten Pfählen getragen wird. Diese gußeisernen Röhren hatten 1,83 Mtr. (6' engl.) und 2,13 Mtr. (7' engl.) Durchmesser und bestanden aus 2,74 Mtr. (9' engl.) hohen, mittels Flanschen und Bolzen auf einander gesetzten Röhrenstücken. Um ihre Einsenkung mittels verdichteter Luft bewirken zu können, wurden sie am oberen Ende mit einem hermetisch schließenden, zur Beleuchtung des Innern mit zwei Glasscheiben von 22,5 Cmtr. (9" engl.) versehenen Deckel und zwei in demselben befestigten, 1,93 Mtr. (6' 4" engl.) hohen, im Querschnitt D-förmigen Luftschleusen versehen, durch welche man nach und nach sowohl die Ausgleichung des Druckes der gewöhnlichen und comprimierten Luft bewirken, als den Durchgang der Arbeiter, des geförderten Bodens und des im Innern erforderlichen Baumaterials bewerkstelligen konnte. Auf diese Weise wurden die Pfähle nacheinander in Entfernungen von 2,74 Mtr. (9' engl.) von Mitte zu Mitte durch weiche Erde, Sand und Kies bis auf die, 14,33 Mtr. (47' engl.) unter Hochwasser befindliche Kreide gesenkt; eine Operation, welche zur Einsenkung je eines laufenden Meters der stärkeren Pfähle etwa 9 und der schwächeren Pfähle etwa 6 Stunden erforderte und wobei manche Pfähle zur Beförderung des Senkens eine Belastung bis zu 40,000 Kg. (40 Tons) bedurften. Der gewonnene Boden wurde mittels zweier, im Innern der Röhre zwischen den beiden Luftschleusen angebrachter, leichter, schmiedeiserner Strahlen in Eimern aufgewunden und jeder Eimer einzeln durch die Luftschleuse geschafft, worauf die Röhren theils mit Béton ausgefüllt, theils mit Backsteinen ausgemauert wurden.

Diese Gründung auf eiserne Röhrenpfeiler, unter Anwendung verdichteter Luft, fand bald, zum Theil mit Einführung verschiedener Abänderungen und Verbesserungen, Nachahmung in England, Deutschland und Frankreich. So wurden die aus eisernen Röhren bestehenden Strompfeiler der in den Jahren 1850/52 erbauten, auf Seite 225 bis 228 beschriebenen und dargestellten Brücke über den Wyé bei Chepstow, wie dies auf Seite 370 bereits erwähnt ist, durch Auspressen des Wassers mittels comprimierter Luft und unter Mitwirkung ihres eigenen Gewichts bis auf den 15,24 bis 18,29 Mtr. (50 bis 60' engl.) unter der Flußsohle befindlichen Felsen versenkt und hierauf mit Béton ausgefüllt.

Bei der um das Jahr 1844 in der Zweigbahn von Mans nach Meziwon bei Mans über die Sarthe erbauten steinernen Brücke von Neuville wurde, zur Vermeidung eines kostspieligen Wassers schöpfens und in Folge einer mangelhaften Condurung, nach welcher man eine in geringer Tiefe liegende Schicht zerklüfteten Kalksteins für groben Kiesel gehalten und den festen Boden erst bei einer Tiefe von mindestens 6 Mtr. unter dem Wasser vermuthet hatte, beschlossen, statt eines hölzernen Pfahlrostes eiserne Cylinder durch Kompression der Luft in den Sand einzutreiben. Bei der Ausführung erfolgte indeß die auf Seite 436 bis 438 beschriebene Einsenkung der Röhren unter Vermeidung des pneumatischen Verfahrens durch einfache Ausräumung ihres Inneren. Dagegen gelangte um diese Zeit in Mahon eine Blechbalkenbrücke auf pneumatisch versenkten Röhrenpfählern zur Ausführung.

Die erste, auf pneumatisch versenkte Röhrenpfähler gegründete Brücke in Oesterreich war die, im Jahre 1857 in der österreichischen Süd-Ost-Eisenbahn erbaute, auf Seite 335 bis 338 dargestellte und beschriebene Brücke über die Theiß bei Szegedin, s. Fig. 1086 bis 1088, eine Gründungsweise, wozu der gänzliche Mangel der Umgebung Szegedins an Kalk und Steinen geführt hatte. Dem auf Seite 373 bis 375 über die Konstruktion der Pfeiler dieser Brücke Bemerkten ist hier die Beschreibung ihrer Versenkung hinzuzufügen. Die hierzu erforderliche Luftschleuse befand sich in einem schmiedeisernen, mit dem oberen Theile der Cylinder luftdicht verbundenen Aufsatze, in welchen die Luft mittels einer, auf einem Schiffe befindlichen, Luftdruckpumpe und eines, durch Einschaltung von Gummiröhren nach-

giebigen, kommunizirenden Rohres eingepumpt wurde, in Folge dessen das im Cylinder befindliche Wasser theils unter dem unteren Rande desselben, theils durch ein in demselben angebrachtes, über dem Wasserspiegel des Flusses mündendes Steigrohr *f* entwich. Der hierdurch wasserfrei gewordene, innere Raum der Röhre wurde so für die, eine Vertiefung des Bodens bewirkenden, Arbeiten zugänglich; eine Arbeit, die, um eine vertikale Einsenkung der Cylinder zu bewirken und ein Schiefgehen derselben zu vermeiden, sehr vorsichtig, gleichförmig und vorzugsweise an jenen Stellen vorgenommen werden mußte, welche dem Einsinken der Cylinder den größten Widerstand entgegensetzten. Zu einer genauen Führung derselben wurden sie von einem solid konstruirten Gerüste umgeben, welches in verschiedenen Höhen die Cylinder mit Zangen umspannte und in geeigneten Höhen zugleich die Arbeitsgerüste bildete. Zur Beförderung der Senkung, sowie zur Vermeidung eines durch den Druck der verdichteten Luft hervorgebrachten Auftriebes, wurden die Cylinder mit eisernen, bis zu 400 Str. gesteigerten Gewichten belastet. Das gewonnene Material wurde durch einen, in dem obenerwähnten schmiedeeisernen Röhrenaufsätze befindlichen, Hasep *a* gehoben und durch die Luftschleuse entfernt.

Die Luftschleuse bestand aus einem vertikal stehenden, mit einer oberen, wagrechten und einer seitlichen vertikalen Klappe versehenen, 1,8 Mtr. hohen, durchweg luftdicht geschlossenen Halbcylinder aus Eisenblech von 0,67 Mtr. Durchmesser. Je zwei mit Hähnen versehene Röhren verbanden die Luftschleuse sowol mit dem inneren Raume des zu versenkenden Cylinders, als mit dem umgebenden Luftraum und indem jede dieser Röhren mittels der Hähne sowol von außen als von innen zu öffnen war, konnten die Arbeiter die beiden Schleusenklappen beliebig von der einen oder anderen Seite öffnen, passiren und zum Durchschleusen des geförderten Bodens oder der einzubringenden Baumaterialien mittels der im Inneren des Cylinders angebrachten Winde *g* benutzen. Ein außerhalb und über dem Cylinder auf dem denselben umgebenden Arbeitsgerüste ruhender, mit einer provisorischen Eisenbahn in Verbindung stehender Lauftrahn diente theils zum Aufsetzen der einzelnen Röhrentrommeln, theils zum Auf- und Abwinden der erwähnten Materialien aus der und in die Luftschleuse. Um den im Pfeiler herrschenden Luftdruck dem Bedürfniß der Trockenlegung und der Arbeitenden anpassen zu können, war in dem oberen Aufsätze ein Manometer angebracht, nach dessen Stande der Gang der Luftpumpe regulirt wurde. Ueberdies eröffnete ein, oben an dem Cylinder angebrachtes Sicherheitsventil der inneren Luft einen Ausweg, wenn deren Verdichtung durch Unachtsamkeit der Arbeiter einen zu hohen Grad erreicht hatte. Die Luftpumpe, welche in der Verlängerung der Kolbenstange einer Dampfmaschine angebracht war, befand sich sammt einem Dampfkessel auf einem Schiffe. Da die Versenkung der Pfeiler durch das Ausschachten des Bodens nicht ganz genau bis auf die erforderliche Tiefe be-

wirkt werden konnte, so wurden die entstandenen kleinen Differenzen durch Abdrehen der, um einige Zolle vor den Flanschen vorgesezten, Ränder der oberen Cylinderstücke ausgeglichen.

Im Jahre 1858 wurden die Gründungen der beiden Brücken über den Allier bei St. Germain des Fossés in der Eisenbahn von diesem Orte nach Clermont und Brioude, sowie bei Moulins in der Eisenbahn von diesem Orte nach Montluçon, durch Beschwerung der Eisencylinder mit Gewichten und Ausschöpfung des Inneren, nach vorher erfolgter Auspressung des Wassers mittels komprimirter Luft, in der auf Seite 375 bis 379 dargestellten Weise bewirkt, worauf dieselben nach gehöriger Einsenkung mit Béton gefüllt wurden. Auch hier wurde die Luft des ganzen inneren Raumes der Cylinder verdichtet, jedoch war zum bequemen Belasten derselben zwischen der Luftschleuse und der Röhre ein besonderer, vorspringender Ring, ein sogenannter Halskragen, eingeschaltet worden.

Fig. 1089.

So sehr alle diese Gründungsweisen die älteren Methoden an Zeitersparniß und Billigkeit übertrafen, so zeigten sie doch noch mehrfache Uebelstände, welche hauptsächlich in der bedeutenden Größe des mit komprimirter Luft zu füllenden Raumes, in der häufigen Verletzung der Luftschächte bei hohen, aus vielen Trommeln zusammengesetzten Röhren, in der lästigen Anwendung eines oft bedeutenden Gegengewichts und in der schwierigen Senkrechtführung der Röhren bestanden; Mißstände, welche bei der, im Jahre 1859 bewirkten, im dritten Kapitel dieses Abschnitts näher beschriebenen Gründung der

Eisenbahnbrücke über den Rhein zwischen Kehl und Straßburg verbessert werden sollten. Den Uebergang hierzu bildete die Gründungsweise, welche Brunel beim Bau des Mittelpfeilers, der, bei Beschreibung der Brückenträger auf Seite 237 bis 239 und der Brückenpfeiler auf Seite 363 bis 365 schon erwähnten, Brücke in der Cornish-Eisenbahn über den Fluß Tamar bei Saltash²²⁶⁾, s. Fig. 1089, angewandt hatte. Behufs möglichster Beschränkung des mit komprimirter Luft auszufüllenden Raumes hatte er an dem unteren Theile des den ganzen Brückenpfeiler umfassenden Cylinders aus Eisenblech von etwa 25,6 Mtr. (82' engl.) mittlerer Höhe und 12,19 Mtr. (40' engl.)



Fig. 1089. Gründung der Brücke über den Tamar bei Saltash.

Durchmesser eine besondere, durch Scheidewände mehrfach getheilte Luftkammer zum Ausschachten des Grundes anbringen lassen, von welcher aus besondere, möglichst enge Einsteigeschächte sowie auch ein Schöpfrohr in die Höhe ging, durch welches letztere man mittels einer Pumpe das Wasser aus der Luftkammer auffog.

Die Gründung der Kehl-Straßburger Brücke beruhte auf der Anwendung unten offener, unter sich verbundener Luftkästen von der Größe des Pfeilerquerschnitts, welche auf den Boden des Flusses gesetzt wurden, um das Pfeilermauerwerk aufzunehmen, dessen Oberfläche während der Einsenkung immer über Wasser und in der Höhe des Arbeitsgerüsts mit den Mauermaterialien erhalten wurde. Auf dem Deckel jeder Kastenabtheilung standen zwei, oben mit Luftschleusen versehene Luströhren zum Auf- und Niedersteigen der Arbeiter, die, um die Luftschleuse über Wasser zu erhalten, dem Niedergehen des Kastens entsprechend, verlängert wurden, und von denen, um die Arbeit bei dieser Verlängerung des einen Luftschachts nicht unterbrechen zu müssen, mittlerweile der andere fungirte.

Durch Anwendung solcher besonderer Luft- und Steigeschächte innerhalb der großen Röhren verbesserte Gesanne, welcher auch die Fundirung der Theißbrücke geleitet hatte, im Jahre 1859 den Gründungsapparat der Brücke über den Riem bei Rowno, s. Fig: 1090 bis 1095, deren Pfeilerkonstruktion auf Seite 379 bis 381 bereits beschrieben wurde und über deren Gründung im Anschluß an jene Beschreibung noch das Folgende zu bemerken ist. Um die Versenkung der je vier, in einer Linie stehenden Säulen zu den Zwischenpfeilern der Brücke und deren Eisbrechern zu bewirken, rüstete man dieselben bis auf die Höhe der Brücke ein und stellte auf dieser Rüstung eine Schiebebühne mit Winde her, welche beide auf Schienenbahnen rechtwinklig zu einander verschieblich waren. Hierdurch war man in Stand gesetzt, nicht allein die einzelnen Röhrentrommeln zu heben und genau an der richtigen Stelle zu versenken, sondern auch sämtliche, zu den pneumatischen Apparaten gehörige Konstruktionstheile aufzuwinden und zu richten. Wenn etwa acht der erwähnten Säulentrommeln mittels ihrer Flanschen und Bolzen unter einander verbunden und auf das vorher ausgebaggerte und abgeebnete Flußbett niedergelassen waren, so wurde die Glocke mit den Luftschleusen aufgebracht und die Luftpumpe in Gang gesetzt. Von dem unteren Theil der Röhre war durch eine versteifte Blechdecke ein 3,14 Mtr. (10' preuß.) hoher cylindrischer Arbeitsraum zur Gewinnung des Bodens abgeschieden und stand durch die erwähnten, in jeder Decke befestigten zwei Luft- und Steigeschächte mit der Glocke in Verbindung. Die Glocke bestand aus einem 3,14 Mtr. (10' preuß.) hohen Cylinder aus Eisenblech mit 3,14 Mtr. (10' preuß.) Durchmesser, dessen Decke von zwei 0,78 Mtr. (25' preuß.) hohen, 1,4 Mtr. (4,5' preuß.) im Durchmesser haltenden, halbcylindrischen Luftschleusen durch-

setzt war, dessen Boden auf jenen beiden Schächten ruhte und eine Winde zum Auf- und Abwinden der Eimer durch den Schacht aus und in die Bodenkammer trug. Hierdurch war der mit komprimirter Luft zu füllende Raum wesentlich vermindert und die Möglichkeit gegeben, den zwischen der Röhre und jenen Schächten verbliebenen Raum durch Pumpen zu füllen und so den Cylinder, statt mit schwerfälligen Gewichten, auf die leichteste Weise mit Wasser zu belasten.

Fig. 1091.

Fig. 1093

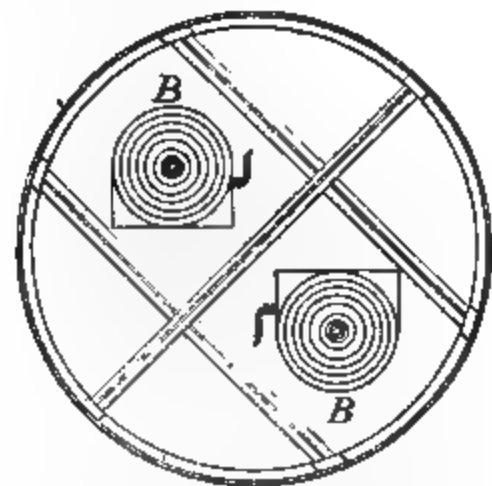


Fig. 1094.

Fig.



Fig. 1091 bis 1095. Details zur Gründung der Eisenbahnbrücke über den Thiem bei Aumöns.

Zu den Arbeiten in einer Röhre waren neun Mann nöthig, wovon einer die Aufsicht führte, zwei in der Bodenkammer die Erde loshackten und in Eimer füllten, vier mit der erwähnten Winde die Eimer aus der Bodenkammer gefüllt in die Gloce und geleert aus der Gloce in die Bodenkammer, die zwei übrigen mittels einer zweiten, über der Gloce befindlichen Winde die ge-

füllten Eimer aus der Gloce und die leeren Eimer in dieselbe zurück wanden. Hierzu, sowie zu dem Aus- und Einsteigen der Arbeiter in den Apparat, dienten die mit je zwei Klappen und Hähnen versehenen Luftschleusen. Beim Einsteigen begab sich der Arbeiter nach Oeffnung der oberen wagrechten Klappe, welche ein außerhalb derselben befindlicher Arbeiter wieder schloß, in das Innere der Luftschleuse, öffnete den Verbindungshahn der Luftschleuse und Gloce, wodurch die auf $1\frac{1}{2}$ bis 3 Atmosphären verdichtete Luft der letzteren unter starkem Drausen in die erstere strömte. Nach der, in etwa einer Minute erfolgten, Ausgleichung der Luft in beiden Räumen öffnete sich die untere lothrechte Klappe, durch welche sich der Arbeiter an einer Kette auf den Boden der Gloce hinabließ, von wo durch die beiden erwähnten Schächte Leitern nach der Bodenlammer führten. Bei dem Aussteigen öffnete der Arbeiter, nach dem Abschluß der Luftschleuse von der Gloce, den Verbindungshahn der Luftschleuse und des Außenraumes, um die Ausgleichung des inneren und äußeren Luftdruckes herzustellen, worauf sich die obere Klappe leicht öffnen ließ. In der Gloce herrschte gewöhnlich, außer dem Luftdruck von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Atmosphären, eine Temperatur von 38 bis 48° R.; Uebelstände, an welche sich die in ihr beschäftigten Arbeiter nach mancherlei Beschwerden erst gewöhnen mußten; dagegen besaß die Erdlammer eine Temperatur von durchschnittlich nur 16 bis 24° R. und bot, von dem Lampenruß und den Ausblästungen, welche den Arbeitern gewöhnlich einen mit schwarzem, schleimigem Auswurf verbundenen Husten zuzogen, abgesehen, einen erträglicheren Aufenthalt. Während bei dem Bau der Dünaburger Brücke auf derselben Eisenbahnlinie neun Todesfälle, meist in Folge von etwa 6 Stunden nach beendigter Arbeitszeit eingetretenen Schlagflüssen, sich ereigneten, starb bei dem Rownoer Brückenbau nur ein Arbeiter während des Gebrauchs der pneumatischen Apparate. Die zur Verdichtung der Luft dienende Luftpumpe, welche mit der Gloce durch eine Leitung aus Kupfer- und Kautschuk-Röhren in Verbindung stand und durch eine Lokomotive von 6 Pferdekraften in Bewegung gesetzt wurde, war zur Vermeidung von Luftverlust und Reparaturen an der Röhrenleitung der Röhre möglichst nahe gerückt. Das Niedergehen der Röhren betrug in dem, meist aus Kies und grobem Sande bestehenden Flussbett durchschnittlich 0,47 Mtr. ($1\frac{1}{2}'$ preuß.) bis 0,79 Mtr. ($2\frac{1}{2}'$ preuß.) per Tag; ein Effekt, welcher in weichen Bodenarten sich bis zu 1,25 Mtr. (4' preuß.) und selbst 1,88 Mtr. (6' preuß.) per Tag steigern ließ. War man auf die vorbeschriebene Weise bei dem Senken des betrachteten Röhrenstücks mit dessen oberem Rande dem Wasserspiegel des Riemen nahe gekommen, so wurde die Gloce abgenommen, die Röhren und Steigeschächte durch Aufsetzen neuer Trommeln und Blechrohre so viel erhöht, daß man damit den festen Baugrund zu erreichen hoffen durfte, die Gloce wieder aufgepaßt und das Versenken in derselben Weise bis zur erforderlichen Tiefe fortgesetzt. Hier angekommen, wurde

der untere Arbeitsraum der Röhre sofort mit Beton ausgefüllt, die Decke desselben herausgenommen und die Ausfüllung der Röhre unter Beseitigung der Schächte vollendet, wobei der Beton, auf einem vor Anfer gelegten Ponton, aus 1 Theil Portland-Cement, 2 Theilen gesiebtem Sand und 3 Theilen kleingeschlagenem Granit gemischt wurde.

Die bei diesem Gründungsverfahren angewendete besondere, wenn auch erleichterte Belastung der Röhre, sowie die Schwierigkeit ihrer Geradeführung und den Zeitverlust beim Durchschleusen des gewonnenen Bodens, beseitigte der französische Ingenieur *Caslor*, der die Gründungsarbeiten an der *Rehl-Straßburger Rheinbrücke* in *Entreprise* ausgeführt hatte, bei Erbauung der auf Röhrenpfeilern ruhenden, auf Seite 381 bis 384 hinsichtlich ihrer Pfeilerkonstruktion bereits besprochenen Gitterbrücke über die *Seine* bei *Argenteuil* in der Linie *Paris-Pontoise-Dieppe*, s. Fig. 1096 bis 1097, in den Jahren 1882 durch eine dem Einsinken der Röhre entsprechende Ausfüllung mit Beton, durch Aufhängung derselben an vier, auf einem festen Arbeitsgerüste ruhenden Führungsketten *k*, durch Anwendung einer, mit einem zweitheiligen Behälter *b* und *b'* umgebenen, Schleusenkammer und einer in der Luftschleuse befindlichen, von außen durch Dampf betriebenen Welle *c*. Mit dem durch

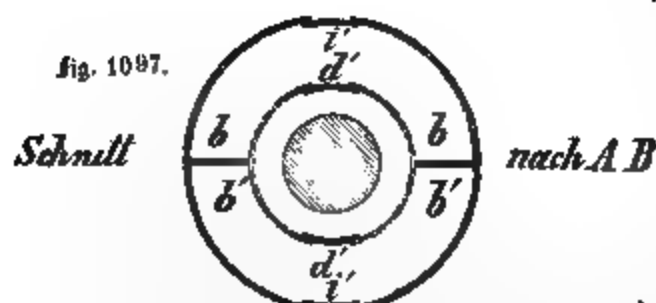


Fig. 1096 bis 1097 Gründung der Eisenbahnbrücke in der Linie Paris-Pontoise-Dieppe über die Seine bei Argenteuil.

diese Welle kontinuierlich geförderten Boden wurde zuerst der eine jener Behälter gefüllt, hierauf dieser Behälter geschlossen und nach außen entleert,

während man den anderen jener Behälter füllte. Die cylindrische Luftschleuse wurde aus einem inneren, ebenfalls cylindrischen, die Fortsetzung des Luft- und Steigeschachtes bildenden, durch gläserne, in seiner Decke angebrachte Linfen erleuchteten, centralen Theile und aus einem, denselben umgebenden, hohlen, in zwei gleiche Abtheilungen geschiedenen Cylindermantel gebildet. Sobald eine dieser Abtheilungen mit gefüllten, die andere war, konnte die erstere mit dem Außenraum, die und Fahrschacht in Verbindung gesetzt und so eine rung erreicht werden. Der Abtrag wurde hierbei festigter Körbe aus der Erdkammer durch den Föhr gehoben, wobei das Seil über eine, durch ein s zweiten Rolle in Verbindung gesetzte, Rolle glitt, Dampfmaschine gedreht wurde. Sobald ein gefül drückte ein Arbeiter mittels eines zweiarmigen Hebel eine dritte, an dessen Ende befestigte, kleine Rolle durch dieses gespannt und der Korb bis in die Höhe $a' a'$ der Luftschleuse gehoben wurde. Durch eine der Korb hierauf in die Abtheilung b oder b' der Röhre, nachdem jene Abtheilung gefüllt war, durch einen $c' c'$ in den Fluß entleert. Ueber das weitere Verfahren ist bei Besprechung der Röhrenpfeiler b bis 384 das Nöthige bemerkt worden.

Drittes Kapitel.

Die Fundamente aus versenktem Mauerwerk.

I. Ohne Anwendung von Luftdruck versenkte Steinfundamente.

Die Versenkung von gemauerten Brunnen zur Gründung von Bauwerken wurde seit Jahrhunderten von den Eingeborenen Ostindiens in Anwendung gebracht und bei dem Bau der Ostindischen Eisenbahnen von englischen Ingenieuren und Bauunternehmern angenommen. Die ersten Nachrichten über dieses indische Senkverfahren gelangten durch die Berichte des Oberingenieurs G. B. Bruce der Madrasbahnen nach England, demzufolge dort die im Sommer, wo die Flußbetten der meisten Flüsse ganz oder nahezu trocken sind, vorgenommene Senkarbeit sehr erleichtert war und einfach darin bestand, den Boden bis zum Wasserspiegel in gewöhnlicher Weise ausgraben und von da ab den Grund von eingeborenen, mit den einfachsten hölzernen Werkzeugen und Windvorrichtungen arbeitenden, Tauchern gewinnen zu lassen. In Bengalen wurde dieses Verfahren durch englische Ingenieure weiter ausgebildet, insbesondere die Taucherarbeit beseitigt oder doch auf seltene Fälle beschränkt. Der Durchmesser der hier angewandten, bis zu 13,11 Mtr. (43' engl.) unter den niedrigsten Wasserstand gesenkten Brunnen schwankte zwischen 2,44 bis 5,49 Mtr. (8 bis 18' engl.) und wurden deren je drei bis zwölf Stück zu dem Fundament eines Brückenpfeilers verwandt. Eine der schwierigsten dieser Gründungen scheint die von Strong ausgeführte Brücke über den Sumna²²⁷⁾ bei Allahabad in der ostindischen Eisenbahnlinie von Calcutta nach Delhi, s. Fig. 1098 bis 1102, erfordert zu haben, deren schmiedeeiserner Oberbau vierzehn Oeffnungen von je 62,48 Mtr. (205' engl.) überspannt und von dreizehn, auf je zehn Brunnen aus Ziegelmauerwerk von 4,11 Mtr. (13½' engl.) äußerem Durchmesser, 1,03 Mtr. (3' 4½" engl.) Wandstärke und 13,11 Mtr. (43' engl.) Einsenkung unter dem niedrigsten Wasserstand fundirten, Zwischenpfeilern getragen wird. Da das Niedrigwasser an der Brückenbaustelle 4,57 Mtr. (15' engl.) mißt, so beträgt die Einsenkung der Brunnen unter das Flußbett 8,54 Mtr. (28' engl.), eine Tiefe, welche theils durch die Beschaffenheit des Baugrundes, welcher aus feinem, stellenweise mit Thon gemischtem, tiefer in feinen Grand übergehendem, dichtem, unter Einwirkung der Strömung aber sehr beweglichem Sande besteht, theils durch den bedeutenden Wechsel in den Wasserständen, der zwischen dem gewöhnlichen Niedrig- und Hochwasser etwa 13,72 Mtr. (45' engl.), bei den außergewöhnlichen Wasserständen der Jahre 1838 und 1861

sogar 15,69 Mtr. ($51\frac{1}{2}'$ engl.) betrug, bedingt wurde. Die Fundirung der Pfeiler, welche zur Zeit des, vom November bis Mai andauernden, niedrigsten Wasserstandes ausgeführt wurde, geschah derart, daß man für jeden Strompfeiler zunächst eine künstliche Insel von 30,48 Mtr. (100' engl.) Länge und 18,29 Mtr. (60' engl.) Breite bildete, indem dieser Raum durch Fangdämme aus versenkten Sandsäcken von jeder, mit Ausnahme der stromaufwärts gelegten Seite, eingeschlossen, so zur Ablagerung des von dem Strome mitgeführten Sandes disponirt und dann bis zur erforderlichen Höhe durch Handarbeit vollends ausgefüllt wurde. Auf dieser, in kurzer Zeit hergestellten, Insel wurden in Entfernungen von 4,57 Mtr. (15' engl.) nach der Länge und von 4,72 Mtr. (15,5' engl.) nach der Stärke der Pfeiler zehn zur Aufnahme der zehn Backsteincylinder bestimmte eiserne Brunnenkränze von 4,11 Mtr. (13' 6" engl.) äußerem und 2,59 Mtr. (8' 6" engl.) innerem Durchmesser verlegt, wovon jeder aus einem 0,76 Mtr. ($2\frac{1}{2}'$ engl.) breiten, wagrechten Ringe von 0,94 Cmtr. ($\frac{3}{8}"$ engl.) starkem Eisenblech und einem eben so starken, vertikalen, 45 Cmtr. (18" engl.) hohen, oben 7,5 Cmtr. (3" engl.) vorspringenden Ringe besteht, welche unter einander verbunden und durch dreieckige Bleche ausgesteift sind. Auf diesem Schling wurde das Ziegelmauerwerk des Brunnenzylinders zunächst in 3,66 Mtr. (12' engl.), in zwei weiteren Stadien der Versenkung in 4,57 Mtr. (15' engl.) und 4,88 Mtr. (16' engl.) Höhe aufgeführt. Zur Verbindung des Schlings mit den beiden untersten Theilen jedes Mauerzylinders wurden sechs an dem Schling befestigte vertikale, 4,88 Mtr. (16' engl.) hohe, in Entfernungen von je 1,52 Mtr. (5' engl.) durch horizontale Flacheisen-Ringe verbundene Anker mit eingemauert. Die Versenkung erfolgte innerhalb der ersten 1,52 Mtr. (5' engl.) durch Ausschaufeln des Sandes unter dem Brunnenkranze, im weiteren Verlaufe durch einen Baggerapparat, der einem, von den Eingeborenen unter dem Namen *j h a m* zum Ausgraben in größerer Tiefe benutzten hölzernen Werkzeug in Eisen nachgebildet war und dessen Wirkung bei der Durchbrechung festerer Schichten durch Taucher unterstützt werden mußte. Dieser Bagger, der eine Schaufel von 66 Cmtr. (26" engl.) Breite und 71 Cmtr. (28" engl.) Länge besaß und etwa 37,5 Kg. ($\frac{3}{4}$ Ctr.) wog, wurde an Leinen in das Innere des Brunnens hinabgelassen, dessen Schaufel mittels einer Stange in den Boden gedrückt und dann gefüllt durch eine Winde aufgewunden. Die Senkrechtführung der Brunnen erforderte eine durchaus gleichmäßige Ausbaggerung des Sandes an dem inneren Rande der Brunnen, auch war der Fortschritt der Senkung nach der Tiefe sehr verschieden, und sank von 46 Cmtr. (18" engl.) täglich bei Beginn bis auf 2,5 Cmtr. (1" engl.) täglich bei Beendigung der Arbeit. Diese Abnahme der Einsenkung wurde außer der zunehmenden Festigkeit des Sandes durch den bedeutenden Wasserdruck veranlaßt, welcher den Sand von außen in den Brunnen drängte und zur Ausbaggerung auch dieser eingedrungen-

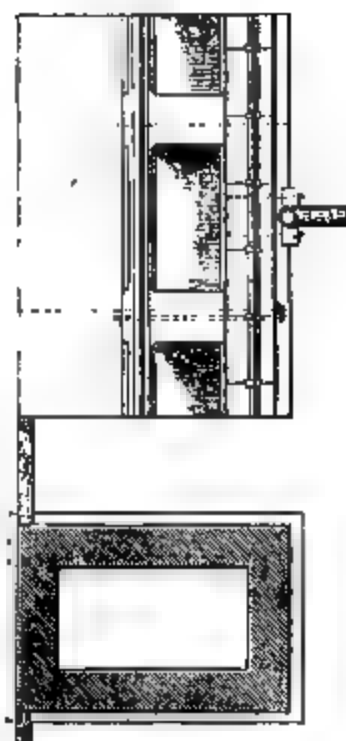
genen Bodenmassen nöthigte. Zur Beschleunigung der Einsenkung wurde daher das Gewicht der Brunnen theils durch erhöhtes Aufmauern, theils durch Belasten mit Schienen bis zu einer Gesamtlast von 400 Kg. (800 Pfd.) gesteigert. Waren die Brunnen bis zur angegebenen Tiefe versenkt, die Sohle von dem auf ihr befindlichen losen Boden befreit und geebnet, so wurden sie bis zu einer Höhe von 4,57 Mtr. (15' engl.) mit Béton gefüllt, nach dessen innerhalb etwa 18 Tagen erfolgter Erhärtung durch Pumpen von dem in ihnen befindlichen Wasser befreit und mit Geschieben bis zur Oberkante der Brunnen ausgemauert. Von hier ab, etwa 1,07 Mtr. ($3\frac{1}{2}'$ engl.) unter Niedrigwasser, beginnt das von der Außenseite mit zwei Schichten starker Quadern verkleidete Ziegelmauerwerk, welches den Zwischenraum zwischen den Brunnen an der Außenseite überdeckt und somit die eigentliche Pfeilerbasis bildet. Die untersten Quader sind, zur Herstellung eines gehörigen Verbandes mit dem Mauerwerk der Brunnen, 15 Cmt. (6" engl.) in das Brunnenmauerwerk eingelassen, durch Klammern aus 3,13 Cmt. ($1\frac{1}{4}"$ engl.) starken Quadrateisen unter sich verbunden und mit Vertiefungen in ihrer obern Basis versehen, worin die Quader der obersten Schicht eingreifen. Um das Mauerwerk der zehn einzelnen Brunnen zu einem zusammenhängenden Fundamente des Pfeilers zu vereinigen, wurden die Zwischenräume der Brunnen mit Béton ausgefüllt und das Mauerwerk der Brunnencylinder so weit übergetragen, bis dessen Oberfläche ein geschlossenes Ganze bildete, und hierauf in der ganzen Ausdehnung des Pfeilers eine Binder-schicht aus großen Quadern angeordnet, über der das steigende, aus Geschieben im Inneren und aus Quadern im Aeußeren hergestellte Pfeilermauerwerk aufgeführt wurde.

Alle Fundirungsbrunnen je eines Strompfeilers der Sumnabrücke mußten, wie die Erfahrung lehrte, gleichzeitig gesenkt werden; ein Erforderniß, welches wegen des geringen Abstandes der Brunnen mit mancher Schwierigkeit in der Ausführung verknüpft war, was nun auf die Idee führte, Brückenpfeiler aus einem einzigen Senkbrunnen zu bilden, welcher ebenfalls ohne Anwendung von verdichteter Luft mittels Ausbaggern oder Ausschöpfen auf einem eisernen oder auch hölzernen Schling zu versenken sei. Ein Vorbild hierzu lieferte das Verfahren, welches M. Isambard Brunel, der berühmte Vater des später durch die Erbauung der Windsor-Chepstow- und Saltashbrücke sowie des Great-Eastern noch berühmteren Isambard Kingdom Brunel im Jahre 1825 bei Versenkung des großen, auf der Rotherhithe-Seite gelegenen, aus Ziegeln gemauerten, mit Eisenstangen armirten, cylindrischen Arbeitsschachtes für den Themsetunnel zu London, von 15,24 Mtr. (50' engl.) Durchmesser und 0,91 Mtr. (3' engl.) dicken Mauern, bis zu einer Tiefe von 18,29 Mtr. (60' engl.) eingeschlagen hatte, welches jedoch durch den geringen Wasserzudrang in dem, aus plastischem und lettigem Thon bestehenden, Boden wesentlich vereinfacht war.

Dagegen lieferte die im Jahre 1861 zu Burton am Trent für die Brauerei der Herren Allsopp erfolgte Versenkung eines Wasserbrunnens von 12,19 Mtr. (40' engl.) innerem Durchmesser und aus 0,91 Mtr. (3' engl.) dickem Backsteinmauerwerk durch Sand- und Grundboden bis zu 12,19 Mtr. (40' engl.) Tiefe den Beweis von der Ausführbarkeit dieser offenbar einfacheren und mit geringeren Kosten herzustellenden Gründungsweise, welche im Jahre 1864 von Buresch²²⁸⁾, gestützt auf die bei Senkung einiger Brunnen, namentlich eines solchen von 7,01 Mtr. (24' hann.) im äußeren Durchmesser bis 5,26 Mtr. (18' hann.) Tiefe in fließendem Sande, von ihm gesammelten eigenen Erfahrungen, zur Gründungsweise auch von Brückenpfeilern vorgeschlagen wurde; ein Vorschlag, welcher bei Herstellung der mit zwei, durch eine Drehbrücke schließbaren, Durchlaßöffnungen von je 12,55 Mtr. (40' preuß.) Weite und zwei fest überbrückten Oeffnungen von je 37,66 Mtr. (120' preuß.) versehenen Eisenbahnbrücke über die Parnitz in Steftin²³³⁾, im Jahre 1866 praktisch verwirklicht wurde, deren Drehpfeiler aus einem, unten 8,16 Mtr. (26' preuß.), oben 7,90 Mtr. (25' preuß.) im Durchmesser starken und deren Aufschlagepfeiler aus je zwei, 8,13 Mtr. (25' 9" preuß.) von Mitte zu Mitte entfernten, 5,65 Mtr. (18' preuß.) im Durchmesser starken, auf 12,27 Mtr. (39' preuß.) unter Wasser gesenkten, Brunnen bestehen. Die Versenkung dieser Brunnen wurde mit einigen Verbesserungen, nach dem Vorgang der im Jahre 1859 bewirkten Gründung der Rheinbrücke zwischen Kehl und Straßburg, unter Anwendung verdichteter Luft bewirkt und wird daher im zweiten Theile dieses Kapitels besprochen werden. Wiewol die runde Grundform der Bestimmung eines Drehpfeilers vollkommen entspricht, so erscheint doch für die Pfeiler fester Brücken die rechteckige Form als die für die Trägersauflagen angemessenere, und obwol in der Mittheilung über die Parnitzbrücke die runde Grundform solcher Brunnen für die beim Senken günstigste gehalten wurde, weil sie, da die Pfeiler hohl gesenkt werden sollten, die größte Sicherheit gegen den Wasserdruck gewähre, so wurde doch darin besonders bemerkt, daß nichtsdestoweniger die viereckige, insbesondere die quadratische Form für Pfeiler, die einem seitlichen Drucke zu widerstehen haben, nicht ausgeschlossen sei, sobald der Raum gestatte, den Innenraum durch ein ringförmiges Gewölbe zu begrenzen. Als ein Beispiel für die Ausführbarkeit einer Gründung auf gemauerten Brunnen von rechteckiger Grundfläche sind die im Jahre 1868 ausgeführten Gründungsarbeiten einer massiven, etwa 17,52 Mtr. (6000' hamb.) langen Kaimauer am Sandthorhafen in Hamburg²²⁹⁾ zu betrachten, welche darin bestanden, rechteckige hohle Brunnen zu versenken, mit magerem Béton zu füllen und in der Höhe des niedrigsten Wasserstandes mit Gurtbogen zu verbinden, worauf dann die, unmittelbar am Ufer mit einem Eisenbahngeleise versehene Kaimauer errichtet wurde. Die hierzu verwandten Brunnen, deren Grundfläche 5,29 Mtr. (18½' hamb.) auf 4,29 Mtr.

45' hamb.), deren Wandstärke 0,72 Mtr. ($2\frac{1}{2}'$ hamb.) und deren Entfernung von Mitte zu Mitte 7,72 Mtr. (27' hamb.) beträgt, wurden auf einem Bohlenkranz von 7,2 Mtr. (3" hamb.) Stärke sofort in der vollen Höhe von 5,15 Mtr. (18' hamb.) mit einem Anlauf von $\frac{1}{12}$ auf die unteren 2,66 Mtr. (10' hamb.) und senkrecht auf die oberen 2,29 Mtr. (8' hamb.) mit Ziegeln aufgemauert und bis auf 1,72 Mtr. (6' hamb.) unter die Sohle des Hafens gesenkt, so daß sie etwa 1,43 Mtr. (5' hamb.) in den Sand zu stehen kamen. Nach Aufmauerung etwa der Hälfte der Brunnen und Erhärtung des Mauerwerks der zuerst vollendeten, wurde mit dem Senken in der Weise begonnen, daß auf den Brunnen selbst eine Lokomobile mit stehendem Kessel gestellt wurde, welche einen gewöhnlichen Bagger mit senkrechter Leiter trieb. Diese Baggervorrichtung war auf Eisenbahnschienen nach den größeren Abmessungen des Brunnen, also senkrecht zur Railinie, beweglich, während die Baggerleiter um eine den Eisenbahnschienen parallele horizontale Achse schwang, wodurch die Arbeit an jedem Punkte der Breiten dimensionen möglich wurde. In zweimal vierundzwanzigstündiger, ununterbrochener Arbeit wurde je ein Brunnen gesenkt und war man auf Hindernisse, wie Baumstämme u. dergl., welche der aus angeschwemmten Seepflanzen bestehende Moorboden und die darüber lagern-

Fig. 1105 Grundriss.



Fu

Fig. 1103 bis 1105. Anmauer am Sandthorhafen in Hamburg.

den Schichten feinen Sandes, des sogenannten *Darg*, auch kaum erwarten ließen, nicht gestoßen. Der stehen gebliebene Theil des der Insel *Grassbrook* angehörenden Ufers bildete den Fangdamm. Zur Betreibung der Maurerarbeit wurde der Wasserspiegel in der Baugrube möglichst gesenkt, weshalb das innerhalb der Brunnen befindliche, durch das Wasser des Untergrundes mit dem äußeren Wasserspiegel kommunizirende, Wasser einige Fuß über der Sohle der Baugrube stand. Die Wände der Brunnen wurden also einem bedeutenden Ueberdruck weder von außen durch die Erde, noch von innen durch das Wasser ausgesetzt, und gab die geradlinige Form der Wandungen zu keinerlei Befürchtungen Anlaß.

II. Mit Anwendung von verdichteter Luft versenkte Steinfundamente.

Die Methode, Steinfundamente unter Mitwirkung verdichteter Luft zu versenken, erscheint zunächst als eine Anwendung des von *Triger*, *Cavé* u. *Mougel* bereits im Jahre 1841 bei dem Abbau der reichen Kohlenflöze an der *Charente* zwischen *Rochefort* und *Ingrande* zu Durchsetzung einer etwa 20 Mtr. mächtigen, wasserführenden Sandschicht unter dem Wasserspiegel des Flusses angewandten Verfahrens, welches darin bestand, die Luft in einer weiten Röhre zu verdichten und hierdurch das darin befindliche Wasser hinauszupressen, um in dem Inneren des Cylinders hinabsteigen und dort durch Beseitigung des Bodens am unteren Rande des Cylinders diesen zum allmäligen Niedersinken bringen zu können. Der hierbei verwendete Cylinder von 20 Mtr. Länge, 1 Mtr. Weite und 1,3 Cmtr. Wandstärke war aus Eisenblech zusammenge-nietet und an seinem oberen Ende mit einer Luftschleuse, d. h. einem cylindrischen Aufsatz von etwa 1,6 Mtr. Höhe, versehen, dessen doppelter, mit verschließbaren Oeffnungen versehener Boden den Arbeitern, sowie dem ausgehobenen Grunde, den Durchgang gestattete. Indem die genau schließenden Klappen dieser Böden nacheinander geöffnet und hierdurch das Innere der Schleuse abwechselnd mit der äußeren und inneren Luft in Verbindung gesetzt werden konnte, erhielt man selbst während dieses Durchganges die erforderliche Luftspannung im unteren Arbeitscylinder. Diese Spannung mußte bei einer Wassertiefe von 20 Mtr. drei Atmosphären betragen, um dieser Wassersäule und dem Druck der atmosphärischen Luft das Gleichgewicht zu halten: ein Luftdruck, bei welchem nach den von *Las Casas* angestellten Beobachtungen Menschen noch leben und arbeiten konnten. Die erste Anwendung dieses Verfahrens auf die Gründung von Brückenpfeilern wurde im Jahre 1851 bei der auf Seite 441 und 443 bereits erwähnten Brücke über den *Medway* zu *Rocheester* gemacht, bei welcher der Transport des losgehackten Erdmaterials durch eine als Einsteigeschacht dienende Röhre sowie durch die Luftschleuse bewirkt wurde. Da hierbei ein großes, dem Inhalt der ganzen Röhre entsprechendes Quantum komprimirter Luft erforderlich war und das Durchschleusen der Arbeiter und Erdeimer wegen der kleinen Luftschleusen nicht gehörig gefördert werden konnte,

auch einmal wegen des hierbei bewirkten zu schnellen Wechsels des Luftdrucks in der Schleuse eine der zu schwach konstruirten Luftklappen zerbrach und den Tod dreier, beim Ausgraben beschäftigter Arbeiter in dem, beim Entweichen der verdichteten Luft sofort nachstürzenden, Wasser herbeiführte, so verbesserte man dasselbe bei der Foundation des Mittelpfeilers der Brücke über den Tamar bei Saltash dadurch, daß man in dem unteren Theile des hierbei versenkten bedeutenden Cylinders eine niedrigere Arbeitskammer zum Ausschachten des Baugrundes und zum Aufführen des Mauerwerks anbrachte, diese mit einem besonderen, über Wasser reichenden Rohre versah und so den mit verdichteter Luft zu füllenden Raum auf ein Minimum beschränkte. An der Stelle, wo sich jener auf Seite 263 bis 267 beschriebene Pfeiler erhebt, hat das Meer eine Tiefe von etwa 20 Mtr., und es mußte der Felsen unter einer, mehr als 5 Meter mächtigen, Schlammsschicht erreicht werden. Brunel versenkte zu diesem Zwecke den erwähnten, 10 Mtr. im Durchmesser haltenden, durch Rippen aus T-Eisen im Inneren hinreichend versteiften Blechcylinder von 26,36 Mtr. durchschnittlicher Höhe, in dessen unterem Theile eine kuppelförmige, mit ihm vernietete Decke, ferner ein zweiter, mit ihm konzentrischer Cylinder von beiläufig 6 Mtr. Durchmesser und 3,5 Mtr. mittlerer Höhe angebracht, und durch eine zweite, tiefer liegende, mit jener ersteren konzentrische, kuppelförmige Decke aus Eisenblech geschlossen war, bis auf den festen Grund. In dem durch diese beiden Cylinder und Kuppeln gebildeten ringförmigen, etwa 2 Meter breiten Raume, der mit dem erwähnten, oben mit einer Luftschleuse versehenen Luftrohre verbunden war, wurde die Verdichtung der Luft bewirkt und hierdurch jener beschränktere Schacht und Arbeitsraum gebildet, wo die Arbeiter beziehungsweise ein- und aussteigen sowie ihre Arbeiten vornehmen konnten. Diese Arbeiten bestanden in dem Begräumen der ganzen Schlammsschicht von dem Schieferfelsen, der Abgleichung des letzteren und der Auführung einer als Fangdamm dienenden, das Aufquellen des Grundwassers verhindernden Cementmauer in der ganzen Breite und Höhe jenes ringförmigen, hohlcyllindrischen Zwischenraumes der Cylinder. Bei der Furcht, daß diese Arbeiten in einer über zwei Atmosphären komprimirten Luft den Arbeitern schädlich sein dürfte, wurde mittels einer zweiten Maschine eine, in einem besonderen, jene Doppeltkuppel durchsetzenden Schöpfrohre angebrachte Pumpe in Bewegung gesetzt, um das Wasser des großen Cylinders auszuschöpfen, dessen Niveau möglichst hinabzudrücken und dadurch den Luftdruck in dem runden Arbeitsraume des Bodens um den ganzen Niveauunterschied, der zwischen den beiden Wasserspiegeln innerhalb und außerhalb des großen Cylinders stattfinden konnte, zu vermindern. Als nach beendigter Ausräumung des Schlammes vom Boden jenes Hohlcyllinders und Ausfüllung desselben durch Cementmauerwerk das Wasser durch die Basis des Cylinders nicht mehr aufsteigen konnte, wurde das Innere dieses Mauerchylinders völlig ausge-

Fig. 1106 und 1107. Projektirte Gründung der Pfeiler einer Brücke über den Rhein bei Mainz.

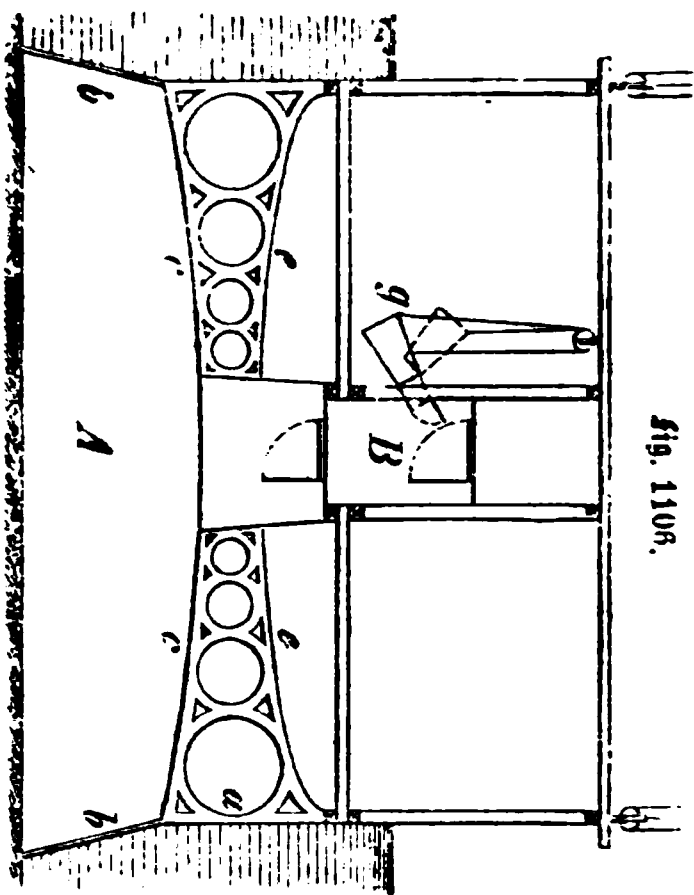


Fig. 1106.

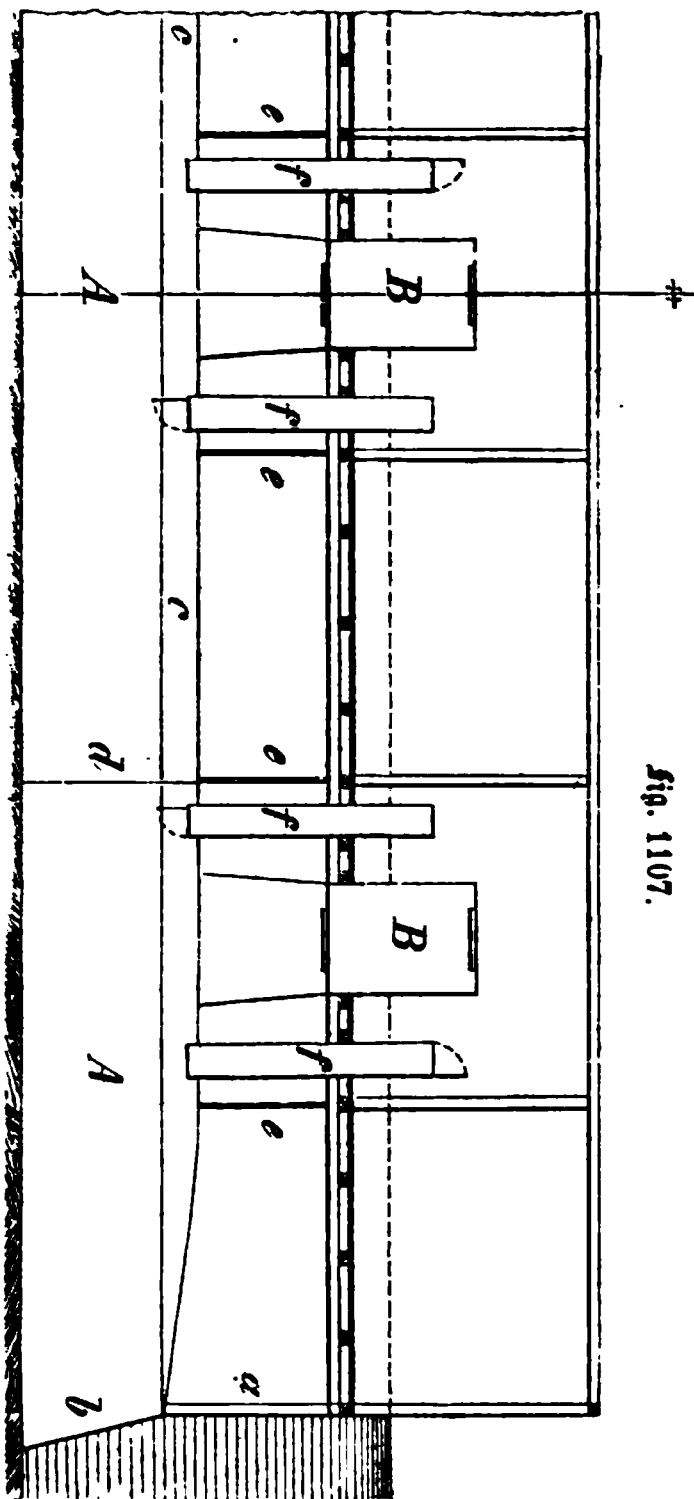


Fig. 1107.

pumpt, die auf dem Boden des kleinen, 6 Mtr. im Durchmesser haltenden Cylinders befindliche Schlammchicht ohne Schwierigkeit unter freiem Himmel ausgehoben und dieser Raum bis zur Höhe jenes Mauerringes aufgeführt, indem man den Blechmantel des kleinen Cylinders bis zu seinem oberen Rande, wo ein Absatz von beiläufig 30 Cmt. gelassen wurde, mit einmauerte. Der über diesem Grundbau aus Granitquadern errichtete Pfeilersofel wurde dagegen mit dem blechernen Mantel des großen Cylinders nicht verbunden, so daß man, nachdem die Auf- führung des Mauerwerkes bis über den Wasserspiegel gediehen war, die Verbindungsbohlen des oberen und unteren Blechmantels wegnehmen, den ersteren abheben und dadurch etwa 200,000 Kg. Eisenblech wieder gewinnen konnte.

An das Gründungsverfahren dieses Brückenpfeilers, welches wegen seiner großen Wichtigkeit für erforderliche tiefe Gründungen unter Wasser sofort Gegenstand des Nachdenkens der Ingenieure wurde, knüpften sich in den folgenden Jahren Verbesserungsvorschläge, wovon der eine ²³⁰⁾ für die Gründung einer Brücke in Mainz, s. Fig. 1106 und 1107, zwar die Gründungsmethode der Saltsch-Brücke beibehält, aber zur Beförderung des Maurermaterials in den eisernen, nach der Form und ganzen Ausdehnung des Pfeilers bemessenen, durch zwei Scheidewände in drei, nicht kommunizirende Abtheilungen getrennten und in der Höhe auf das Nothwendigste beschränkten Luftkasten besondere Schächte von $\frac{1}{2}$ Mtr. Weite mit Luftklappen empfahl; während er zum Heraus-

Fig. 1108 und 1109. Projektirte Gründung der Pfeiler einer Brücke über den Rhein bei Mannheim.

fördern des Erdmaterials behufs Senkung des Luftkastens noch die Einschießschächte bestimmte.

Nach einem im Jahre 1852 von dem Ingenieur von Weiler zu Heidelberg aufgestellten Projekte für die Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mannheim, s. Fig. 1108 bis 1109, sollten diese Förderschächte *D* bis auf den Wasserspiegel des nicht durch Scheidewände getheilten Taucherkastens hinabreichen, die mit Erdmaterial gefüllten Cimer bei *E* unter denselben geschoben und durch diese oben und unten offenen, also mit Wasser gefüllten, Schächte heraufgewunden werden. Der auf der Mitte des Taucherkastens stehende Steigeschacht *B* hatte in diesem Entwurfe bereits die, später beim Rehl-Strasburger Brückenbau ausgeführte, Einrichtung und sollte zugleich zur Hereinschaffung des Baumaterials dienen. Der Taucherkasten sollte über seiner Decke mit einer nur so hohen eisernen Umfangswand versehen werden, daß dieselbe, wenn der Kasten auf dem natürlichen Boden des Flußbettes aufstand, etwas über den Wasserspiegel hervorragte, worauf vor und zum Zwecke der Einsenkung des Taucherkastens der von jener Wand umschlossene Raum über demselben mit Béton gefüllt, das Quadermauerwerk begonnen und ohne weitere Einschließung, der Einsenkung des Taucherkastens entsprechend, über Wasser auf- und fortgeführt werden sollte.

Durch die Ausführung der Saltash-Brücke und die hier gemachten Vorschläge, denen zufolge nun ein Luftkasten mit einem Steigeschacht und die Bodenförderung in nicht trocken gelegten Schächten herzustellen, folglich der Raum für die komprimirte Luft auf ein Minimum reduzirt war, ferner daß auf dem Taucherkasten über Wasser allmählig aufgeführte Mauerwerk die zu dessen Einsenkung erforderliche zunehmende Belastung liefern sollte, war das Verfahren vorbereitet, welches bei der im Jahre 1859 unter der Leitung des Ostbahn-Ingenieurs Fleur-Saint-Denis bewirkten Gründung der Brücke über den Rhein zwischen Rehl und Straßburg, s. Fig. 1110 bis 1119, eine praktische Bestätigung und weitere Vervollkommnung erfahren sollte.

Das Rheinbett an der Seite von Rehl besteht aus einem feinen, beweglichen Kies, der sich bei jedem Hochwasser verschiebt, und man hatte beobachtet, daß derselbe bei Anschwellungen manchmal bis zu Tiefen von 14 bis 15 Mtr. unter dem niedrigsten Wasserstande aufgewühlt wurde. In einem so fluktuirenden Strombett war das Einrammen von Pfählen schwierig, die Wassergewältigung unmöglich und breite, auf den Kies gestellte Grundmauern nicht sicher vor Unterwaschungen. Diese Erwägungen führten zum Ausschluß der genannten Gründungsmethoden und zur Versenkung von Pfeilern auf die bis dahin nicht gekannte Tiefe von 20 Mtr. unter dem niedrigsten Wasserstande und durchschnittlich 18 Mtr. unter der Flußsohle. Nur die vier Zwischenpfeiler dieser mit drei mittleren, fest überbrückten Oeffnungen von je 56 Mtr. und mit

Fig. 1110 bis 1114. Gründung der Eisenbahnbrücke über dem Main zwischen Asch und Hirschburg.

Fig. 1115

zwei äußeren, durch Drehbrücken überbrückten Oeffnungen von je 26 Mtr. Spannweite versehenen Brücke, wovon die zwei mittleren eine Breite von 7 Mtr. und eine Länge von 15 Mtr., die zwei äußeren eine Breite von 7 Mtr. und eine Länge von 20 Mtr. hatten, erforderten eine Versenkung mittels komprimierter Luft, während die beiden Landpfeiler durch Ausbaggerung der Baustelle fundirt wurden, in welche man hierauf einen ungeheueren Kasten hinabließ und mit Béton ausgoß.

Fig. 1120.

Fig. 1121.

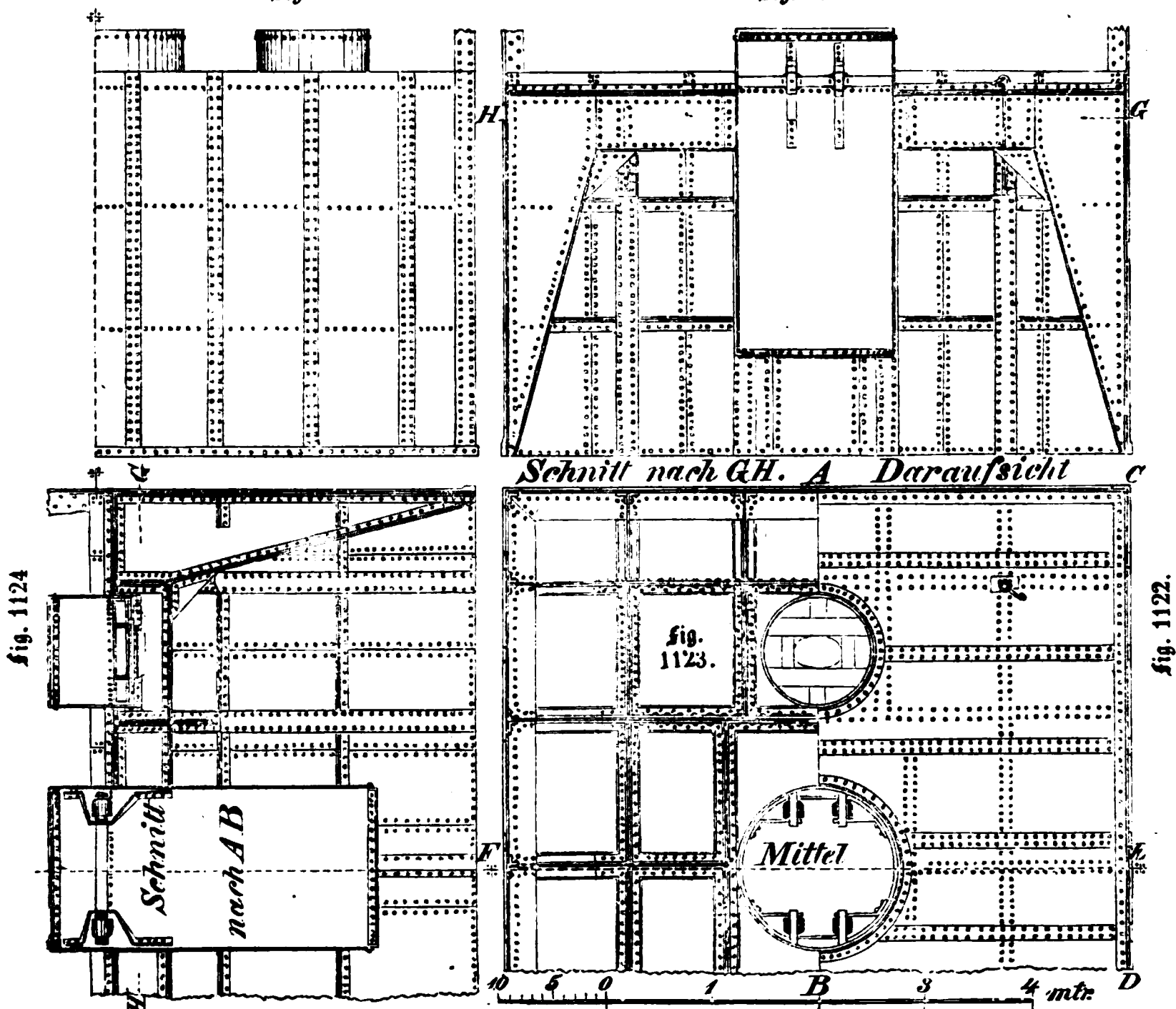


Fig. 1120 bis 1124. Details der bei Gründung der Eisenbahnbrücke über den Rhein zwischen Kehl und Straßburg angewandten Senkkästen.

Die Gründung der Kehl-Straßburger Rheinbrücke²³¹⁾, s. Fig. 1110 bis 1125, bestand in der Anwendung eiserner, unten offener, anfangs getrennter, später unter sich verbundener, 5 Mtr. breiter, 7 Mtr. langer und 3 Mtr. hoher Luftkästen, deren, wie Fig. 1112 und 1113 zeigt, je drei einen jener schwächeren und je vier einen jener stärkeren Strompfeiler bildeten, mit kommunizierenden Oeffnungen in den sich berührenden, 7 Mtr. langen Seitenwänden, welche auf den Boden des Flußbettes gesetzt wurden, um das Pfeilermauerwerk aufzunehmen, dessen Oberfläche während der Einsenkung durch ein die-

fer entsprechendes Aufmauern immer über Wasser und in der Höhe des Arbeitsgerüsts mit den Maurermaterialien erhalten wurde. Auf der Decke jeder Kastenabtheilung standen zwei, oben mit Luftschleusen versehene Luftröhren zum Auf- und Niedersteigen der Arbeiter, s. Fig. 1115 und 1120 bis 1124, die, um die Luftschleuse über Wasser zu erhalten, dem Niederegehen des Kastens entsprechend, durch

Einschaltung von Röhrenstücken verlängert wurden. Um während dieser Verlängerung des einen Luftschachtes die Arbeit nicht unterbrechen zu müssen, fungirte mittlerweile der andre.

In dem oben und unten offenen, die Mitte jeder Kasten-
decke durchsetzenden, oben bis über Wasser, unten etwas tiefer als die unteren Ränder des Kastens reichenden, also mit Wasser gefüllten, in Fig. 1115 dargestellten, Förderschachte jeder Kastenabtheilung schaffte eine durch Dampf getriebene Kette mit Baggereimern den innerhalb des Kastens in sie geschaukelten Boden nach oben, von wo derselbe mittels einer Rutsche in Schiffe entleert wurde. War schon diese Einrichtung neu, so war es besonders die sichere Art der Senkrechtführung jedes Kastens, wonach jeder derselben mittels starker Ketten, s. Fig. 1115, und der mit ihnen verbundenen, auf dem unbeweglichen Arbeitsgerüste ruhenden, durch Hebel dreh-

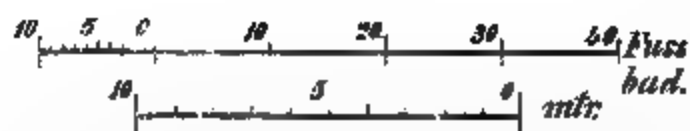


Fig. 112b. Pfeiler der Aehl-Strassburger Eisenbahnbrücke über den Rhein nach seiner Vollendung.

baren Schraubensäge, s. Fig. 1117 bis 1119, nach und nach gleichmäßig heruntergelassen werden konnte.

Der Gang der Arbeit war der, daß die auf Schiffen stehenden, durch Dampf getriebenen Luftpumpen beständig Luft in die Luftröhren und Luftkassen einpumpten, wovon der, nach Senkung des inneren Wasserspiegels bis zum unteren Cylinderrande verbleibende, überschüssige Theil unter dem letzteren entwich.

Die Arbeiter stiegen durch entsprechende Stellung der in der Luftschleuse, zur Ausgleichung der in derselben befindlichen mit der äußeren und dann mit der komprimierten Luft, angebrachten Luftähne durch die beiden Bodenklappen der Luftschleuse auf Leitern bis zu dem Boden, welche den gelösten Kies in die Bagger-eimer warfen, die ihn mittels der, in kontinuierlicher Bewegung erhaltenen, Baggerkette durch den Förderschacht nach oben beförderten. Das Sinken des Kastens, durch die Tragketten geregelt, erfolgte durch diese Ausgrabung, sowie durch das mit Quadern verblendete, stets über Wasser um die Luft- und Förderschächte herum aufgeführte Mauerwerk. Nachdem man die beabsichtigte Gründungstiefe von 20 Mtr. unter dem niedrigsten Wasserstande erreicht hatte, wurde der Luftkasten von dem Boden auf voll ausgemauert, wobei sich die Arbeiter allmählig in die Luftschächte zurückzogen, die eisernen Bekleidungen der Schächte herausgenommen und die zurückgebliebenen Hohlräume mit Béton gefüllt. Auf dem so mit Ausnahme des schmiedeeisernen Luftkastens massiv aus Mauerwerk und Béton hergestellten Brückenfundamente wurde der über Wasser hervorragende, die Brückenträger aufnehmende, obere Theil dieses Pfeilers, s. Fig. 1125, in der gewöhnlichen Weise aufgemauert.

Die bei dem Kehl-Sträßburger Brückenbau zuerst wegen leichterer Regulirung der Einsenkung angenommene Trennung und dann nach eingetretener Gleichmäßigkeit jener Senkung bewirkte Vereinigung der Luftkasten wurden bei der im Jahre 1865 fundirten, mit zwei Oeffnungen von 14,75 Mtr. (47' preuß.) und 5,96 Mtr. (19' preuß.) Weite und einem Strompfeiler von 5,69 Mtr. (18' preuß.) Breite und 15,06 Mtr. (48' preuß.) Länge versehenen Brücke über den Regal bei Königsberg²³²), s. Fig. 1126 und 1127, dahin abgeändert, daß zur Foundation ihres Strompfeilers nur ein unten offener, aus Eisenblechtafeln zusammengesetzter, durch Längs- und Querträger versteifter Luftkasten von 6,27 Mtr. (20' preuß.) Breite, 15,69 Mtr. (50' preuß.) Länge und 2,51 Mtr. (8' preuß.) Höhe, aber ebenfalls mittels Ketten und Schraubenspindeln versenkt wurde. Die Veranlassung zur Annahme dieses, im Uebrigen dem Kehl-Sträßburger sehr ähnlichen, Gründungsverfahrens hatte der an der Baustelle in einer Wassertiefe von etwa 9,41 Mtr. (30' preuß.) aufgefundene und bis zu einer Tiefe von etwa 18,83 Mtr. (60' preuß.) verfolgte, feine Sandgrund gegeben. Ueber dem Senfkasten erhoben sich zwei, mit Luftschleusen versehene, Einsteigröhren und in der Mitte ein größeres Rohr zur Aufnahme des Baggers. Das Mauerwerk wurde auf der Decke des Senfkastens, proportional der Einsenkung, stets zu solcher Höhe aufgeführt, daß über dem Wasserspiegel gemauert werden konnte. Nur beim ersten Hinablassen des Kastens und bevor derselbe das Flußbett erreichte, wurden, um das Arbeitsgerüst nicht zu überlasten, am Umfange des Pfeilers wasserdichte Wände in Cement hergestellt, zwischen welchen, erst als der Kasten aufstand, das Kernmauerwerk aufgeführt wurde.

Die Luftpumpe und Dampfmaschine standen, mit Ausnahme einer zum Betriebe des Baggers auf der Rüstung aufgestellten Lokomobile, in einem Schuppen. Für die nöthige Ventilation des Arbeitsraumes war durch einige im Bagger-schachte angebrachte, mit Pfropfen versehene Löcher gesorgt, die man nach Belieben öffnen konnte, um Luft aus dem inneren Kastenraum entweichen zu lassen. Beim Einsteigen, also beim Uebergang aus der äußeren, dünneren in die dichtere Atmosphäre des Kastens, empfanden die Arbeiter, bevor sich die im Körper befindliche, dünnere mit der äußeren, komprimirten Luft ins Gleichgewicht gesetzt hatte, ein Säusen in den Ohren und eine Anspannung des Trommelfells, ertrugen aber bei vierstündigen Tagsschichten den Luftdruck in den Arbeitsräumen ohne weitere Beschwerde.

Der französische Ingenieur *Castor*, der die Gründungsarbeiten an der Rheinbrücke bei Kehl in Entreprise ausgeführt und hierbei die Vortheile der kontinuierlichen Bodenförderung, aber auch die Nachtheile kennen gelernt hatte, welche hierbei aus der Bewegung der Baggereimer durch einen Wasserverschluß, sowie aus der komplizirten, kostbaren Einrichtung der Bagger selbst entsprangen und in deren Unzugänglichkeit, sowie in deren schwierigen und kostspieligen Reparaturen und dem damit verknüpften Zeitverlust bestanden, hatte bei dem in den Jahren 1882 erbauten, auf Seite 381 und 382 bereits erwähnten Viadukt von *Argenteuil* statt dessen eine, mit einem zweitheiligen Behälter umgebene, Schleusenkammer und eine ebenfalls kontinuierliche Förderungsmethode angewandt, wobei jedoch die gefüllten Erdeermer wieder in den, zum Ein- und Aussteigen der Arbeiter bestimmten, Luftschächten aufgewunden und hierauf in die dort erwähnten Abtheilungen nacheinander so abgesetzt wurden, daß mit der Füllung der einen gleichzeitig die Ausschleusung der anderen erfolgte. Er war somit zu der, bereits im Jahre 1857 beim Bau der *Heißbrücke* bei *Szegedin* angewandten und beim Bau der *Niemёнbrücke* nächst *Rowno* im Jahre 1859 verbesserten, Förderungsmethode zurückgekehrt, und hatte nur den Förderungsmechanismus durch die Anwendung einer, durch eine Dampfmaschine von außen bewegten, Welle und durch das mittels eines Preßhebels beliebig in Spannung versetzte Laufband verbessert.

Auch bei Fundirung der Eisenbahnbrücke über die *Barritz* in *Stettin*²³³⁾, s. Fig. 1129 bis 1131, im Jahre 1866 wurde jene praktisch bewährtere Methode der Förderung des Bodens mittels Durchschleusung durch die Steigeschächte und Luftschleuse, deren in dem Drehpfeiler dieser Brücke sich zwei befanden, beibehalten, die Bewegung der Eimer jedoch durch einen kleinen, in den Luftschleusen befindlichen Krahn bewirkt, an welchem drei Arbeiter die eisernen, 0,046 Mtr. ($1\frac{1}{2}$ R' preuß.) fassenden Eimer aufwanden und zehn an der Zahl in der Schleuse aufstellten, während ein vierter Mann dieselben unten füllte. Erst wenn die zehn Eimer gefüllt in der Schleuse standen, wurde ausgeschleust, die

Eimer aufgewunden, in Rinnen umgestürzt und wieder eingesetzt. Die Schleuse wurde alsdann wieder geschlossen und die Arbeit begann von Neuem.

Waren bei Herstellung des Viadukts von Argenteuil noch eiserne, theils mit Mauerwerk, theils mit Béton gefüllte Cylinder, bei Gründung der Kehl-Sträßburger Brücke ein besonderer, ausgemauert und zur Basis des Pfeilermauerwerks dienender, eisener Luftpfeiler angewandt worden, so erscheinen die Pfeiler der Stettiner Barmbrücke als runde, auf einem mit einer Glocke ver-

bundenen Schling versenkte Brunnen und deren Gründungsweise als eine sinnreiche Kombination der bei dem Viadukt von Argenteuil und bei der Kehl-Sträßburger Rheinbrücke eingehaltenen Fundationsmethoden. Diese Brücke besteht aus zwei, durch eine Drehbrücke schließbare Durchlaßöffnungen von je 12,55 Mtr. (40' preuß.) Weite und zwei fest überbrückte Öffnungen von je 37,66 Mtr. (120' preuß.) Weite, einen Dreh- und zwei Auflager-Pfeiler, wovon der erstere aus einem, unten 8,16 Mtr. (26' preuß.), oben 7,85 Mtr. (25' preuß.) starken Brunnen besteht, während letztere aus je

Fig. 1129 bis 1131 Gründung der Eisenbahnbrücke über die Barmbrücke in Stettin

zwei 8,09 Mtr. (25' 9" preuß.) von Mitte zu Mitte entfernten, gleichmäßig gesenkten und über Mittelwasser durch ein flaches, verankertes Gewölbe von 3,22 Mtr. (10' 3" preuß.) verbundenen Brunnen von 5,65 Mtr. (18' preuß.) Durchmesser hergestellt sind. Die bis 12,24 Mtr. (39' preuß.) unter Wasser reichende Fundierung, welche durch das an der Baustelle bis zu 5,33 Mtr. (17' preuß.) unter der Flußsohle und 10,36 Mtr. (33' preuß.) unter dem Wasserspiegel aus schlammigem, mit starken Thon- und Lettenschichten durchzogene

Flußbett veranlaßt wurde, war bei allen Zwischenpfeilern gleich und wurde beim Drehpfeiler wie folgt bewirkt.

Auf einem, aus 16 um den Pfeiler stehenden, durch eine starke Kette umspannten Pfählen gebildeten, zweietagigen und mit einem innen durch Streben abgestützten Vorsprung versehenen, Gerüste wurden die 32, zur Aufnahme der paarweise angeordneten Ketten dienenden Schraubensätze aufgestellt, deren 3,14 Mtr. (10' preuß.) lange, 6,5 Cmtr. ($2\frac{1}{2}$ " preuß.) starke Spindeln in Bronzemuttern mit gußeisernen Unterlagsplatten ruhten, und durch Drehen jener Muttern mittels 1,88 Mtr. (6' preuß.) langer, untereinander verbundener Klinkhebel und zweier Erdwinden gleichmäßig und zugleich gesenkt werden konnten. Im Verlauf dieser Senkung wurde die Verlängerung der Kettenpaare, deren Schafen 1,88 Mtr. (6' preuß.) lang, 3,9 Cmtr. ($1\frac{1}{2}$ " preuß.) stark und durch Splintbolzen miteinander verbunden waren, derart bewirkt, daß in der einen von beiden sich ein nur 0,94 Mtr. (3' preuß.) langes Glied befand, sodaß, wenn die eine Spindel ganz hinabgedreht war und die andere also noch 0,94 Mtr. (3' preuß.) über den Muttern hervorstand, der Reihe nach in jedem Paar eine Kette gelöst und ein 1,88 Mtr. (6' preuß.) langes Glied in dieselbe eingeschaltet wurde. Die untersten Schafen der Kettenpaare trugen mit Hülfe je 15,7 Cmtr. (6" preuß.) breiter, 1 Cmtr. ($\frac{3}{8}$ " preuß.) starker Vertikalbänder und am oberen Theile jenes Cylinders angebrachter, 7,8 Cmtr. (3" preuß.) starker Bolzen den, aus einem lothrechten, 1,41 Mtr. (4' 6" preuß.) hohen eisernen Cylinder und einem wagerechten, 0,94 Mtr. (3' preuß.) breiten Ring, welche unter einander durch drei obere und ein unteres Winkeleisen, sowie durch 48 senkrechte, viereckige Konsolen gehörig unter einander versteift waren, gebildeten Brunnenfranz f, f. Fig. 1129 u. 1131, welcher durch zehn, an den Konsolen befestigte Streben oben eine stark konstruirte Decke trug. Nachdem auf dem erwähnten wagerechten Ring des Brunnenfranzes das Mauerwerk, außen senkrecht, innen den vorgefragten Streben entlang, bis an jene obere Decke geführt war, bildete der untere Theil des Brunnens einen 3,76 Mtr. (12' preuß.) hohen, glockenförmigen Raum von 2,82 Mtr. (9' preuß.) oberem und 8,16 Mtr. (26' preuß.) unterem Durchmesser, der im Inneren mit einem Cementputz versehen wurde. Im Brunnen war ein hohler Raum von etwa 4,71 Mtr. (15' preuß.) Durchmesser, worin sich zwei eiserne, 0,94 Mtr. (3' preuß.) im Durchmesser haltende Fahrschächte befanden, welche unten die erwähnte Decke durchsetzten, also mit jenem glockenförmigen Raum in Verbindung standen, oben je eine, zum Ein- und Aussteigen der Arbeiter sowie zur Durchschleusung der Erdeimer bestimmte, Luftschleuse trugen und zu der, in der oben erwähnten Weise bewirkten, Bodenförderung dienten. Um den beim Senken des Drehpfeilers durch die ungleiche Dichtigkeit des Bodens, welche das auszupressende Wasser nur unregelmäßig entweichen ließ, veranlaßten Miß-

ständen zu begegnen, wurde in den Senkbrunnen der anderen Pfeiler ein 5,2 Cmt. (2" preuß.) weites Steigrohr eingelegt, das bis auf den Boden der Glocke reichte und in einer Höhe von etwa 1,88 Mtr. (6' preuß.) über Wasser unter dem Schleusenboden mit einem Hahnverschluß nach Außen mündete und aus welchem das, sich mit dem äußern Wasserspiegel ins Niveau stellende, Wasser nach Oeffnung des Hahnes durch die in das Rohr eingedrungene komprimirte Luft gewaltsam herausgetrieben wurde. — Nachdem der Pfeiler bei einer Tiefe von 12,24 Mtr. (39' preuß.) unter Wasser und 8,79 Mtr. (28' preuß.) unter der Flußsohle den festen Baugrund erreicht hatte und seine Stellung durch theilweises Nachlassen der Ketten entsprechend regulirt war, wurde der innere Raum bis zur Decke des eisernen Kranzes mittels der, auch zur Bodenförderung benutzten, Eimer in zwei Lagen zu je 1,41 Mtr. (2 $\frac{1}{4}$ ' preuß.) mit Béton gefüllt und nach Schüttung der ersten Lage die Tragketten durch Ausziehen der Tragbolzen und Aufwinden der Ketten mittels der Klinkhebel gelöst, worauf die Bolzen, um den Verlust an komprimirter Luft möglichst zu beschränken, rasch wieder eingestoßen und befestigt wurden. Auf diese Weise wurden sämtliche Tragketten, und zwar zum ersten Male ohne Mithülfe von Tauchern, gelöst. Um dem Brunnen schon vor dieser Lösung einen festen Stand zu verschaffen, waren diejenigen zwischen den Konsolen des Brunnenkranzes befindlichen 16 Räume, in welchen sich keine Bolzen befanden, bis zur Decke mit Béton verstampft und dadurch sechzehn Bétonstützen für den Brunnen gebildet worden. Ueber dem Béton begann, im Anschluß an das Kragmauerwerk der Glocke, das regelmäßige Ziegelmauerwerk. Nach Ausmauerung der Glocke wurde die Luftverdichtung eingestellt, die Schleusen und Steigeschächte abgenommen und bei Tageslicht der ganze Brunnen ausgemauert. Zur Beleuchtung der Glocke wurden statt der, bei früheren Gründungen angewandten, einen den Arbeitern schädlichen Qualm verbreitenden, Oellampen als das einzige bewährte Material Stearinkerzen angewandt, deren Dunst jedoch bei erhöhtem Luftdruck die Arbeiter ebenfalls belästigte. Bei der nach Maßgabe der Einsenkung erforderlichen Verlängerung der Fahrschächte, wobei die Luftschleusen abgehoben werden mußten, wurde jedesmal, 1,88 Mtr. (6' preuß.) über der Glocke, in den Schacht eine luftdicht schließende Klappe eingelegt, unter welcher der Schlauch einer, zur Unterhaltung der Luftspannung dienenden, Reserveluftpumpe mündete. Obgleich dies Verlängern der Fahrschächte die Arbeit zwölf Stunden unterbrach, so dauerte doch die Senkung des Drehpfeilers nur drei Wochen, das der Auflagepfeiler nur 14 Tage, indem erstere täglich 39,2 Cmt. (15" preuß.), letztere täglich 62,7 Cmt. (24" preuß.) gesenkt wurden. Was die Erzeugung, Kontrolle und Zuleitung der Luft betrifft, so wurde die erforderliche verdichtete Luft von einer zweischindrigen, mittels Laufriemen durch eine ausrangirte Lokomotive getriebenen Luftpumpe geliefert, deren 41,7 (16" preuß.) weite und 68 Cmt. (26" preuß.) lange

Cylinder in beiden Böden mit Gummiventilen zum Einlaß der Luft und mit Mänteln versehen waren, unter welche zur Abkühlung der durch Kompression erhitzten Luft kaltes Wasser strömte. Auch die erwähnte, mit 26,1 Cmt. (10" preuß.) starken Kolben versehene Reserverelustpumpe war zweicylindrig, aber einfachwirkend, und wurde durch eine Lokomotive betrieben, reichte jedoch nur für kurze Zeiträume aus, während die Hauptmaschine sechs Wochen ununterbrochen in Thätigkeit war. Als Schmiermittel hat sich nach vielen Versuchen nur Seifenwasser bewährt, da Del oder Fett das Gummi allmählig vollständig auflösten. Die gußeiserne Luftleitungsröhre, welche auf dem Gerüst in Gummischläuche endigten, waren hier mit Sperrventilen und Manometern versehen; ein gleiches Manometer befand sich in jeder Luftschleuse. Die beiden Landpfeiler wurden auf je drei, 3,76 Mtr. (12' preuß.) weite, von Hand gesenkte Brunnen fundirt

- 220

Fig. 1133.

Fig. 1135

:

:

:

:

Fig. 1134.

Fig. 1136.

Fig. 1132 bis 1136. Pfeiler der Brücke über das Hollandsch-Diep bei Moerdijk.

Bei der im Jahre 1844 fundirten Brücke über das Hollandsch-Diep bei Moerdijk²³⁴⁾, s. Fig. 1128 bis 1132, in den Linien Rotterdam-Antwer-

pen und Rotterdam = Breda = Herzogenbusch, mit einer Drehbrücke zu zwei Oeffnungen von je 16 Mtr. Weite, und einer festen Brücke von 14 Oeffnungen zu je 100 Mtr. mit 13 Strompfeilern, von welchen drei unter Anwendung von komprimirter Luft fundirt wurden, ist in den officiellen Bedingungen zur Ausführung die Förderung des Bodens durch Baggerwerkzeuge in freier Luft ausgeschlossen und diejenige durch die Luftschleusen zur Bedingung gemacht.

Die Unterfante der beiden ersten, am tiefsten gegründeten Pfeiler liegt 22 Mtr., die Unterfante des dritten 18 Mtr. unter dem Nullpunkte des Amsterdamer Pegels, während die Fahrbahn dieser Brücke auf + 6,89 Mtr. desselben Pegels liegt, mithin die Höhe dieser Pfeiler beziehungsweise 28,89 und 24,89 Mtr. beträgt. Der Grundriß jeder dieser Pfeiler bestand, wie die Figuren 1129 bis 1132 zeigen, aus einem Rechteck von 9 Mtr. Länge und 7 Mtr. Breite, an welche letztere sich 2 Halbkreise von je 3,5 Mtr. Radius anschlossen, und enthielt 4 Luftschächte von je 0,9 Mtr. Weite, welche in 9 Mtr. Entfernung in der Richtung der Pfeileraxe paarweise in einem Abstand von 1,35 Mtr. von Axe zu Axe angeordnet waren. Zur Erleichterung des Einsenkens waren die Plattenschichten der eisernen Senkröhren mit nach Außen versenkten Nieten versehen und übergriffen sich nach Art der Dachziegel so, daß die untere Schicht über der darüber befindlichen lag. Ueber der Arbeitskammer, welche ausgemauert wurde, wurde die Senkröhre theilweise mit Béton, theilweise mit Mauerwerk ausgefüllt, der über Wasser stehende Pfeileraufsatz aus Ziegelmauerwerk hergestellt und mit Quadern verblendet. Alle übrigen auf — 7,0^m A. P. gegründeten Pfeiler erhielten einen innerhalb einer Spundwand befindlichen Pfahlrost, dessen Pfahlköpfe mit Béton bis auf — 1,5^m A. P. überschüttet wurden, auf welchem die Pfeileraufsätze in einer der soeben angeführten ähnlichen Weise hergestellt wurden. Sämmtliche Pfeiler wurden mit Steinwürfen, theilweise auf Lagen von Senkfaschinen umgeben.

Historische Ergebnisse für die Anwendung und Anordnung der Fundamente aus oder mit Anwendung von Eisen. Werfen wir bei den vorstehend erörterten Gründungsmethoden einen Rückblick auf deren technische Entwicklung, so ergibt sich, daß die zuerst von den Engländern angewandten Schraubenpfähle bis in die neuere Zeit zur Verlängerung von Hafendämmen und Landungsbrücken, besonders auf losem, dem Wellenschlag ausgesetztem Sandgrund dienen und hier, indem die dünnen, aus dem Sande hervorragenden, unter sich durch Diagonaldrähte verbundenen Stangen, bei verhältnißmäßig großer Trag- und Standfähigkeit, den Wellen einen weit geringeren Widerstand als massive Pfeiler entgegensetzen, nur sehr unbedeutende Veränderungen in der Sandablagerung veranlassen. Weiter ergibt sich, daß mittels des pneumatischen Verfahrens unter Anwendung von eisernen Röhren oder Kasten die tiefsten, bis jetzt bekann-

ten Gründungen bewerkstelligt wurden und daß hierbei die, von den Franzosen zuerst beim Bergbau eingeführte, von den Engländern zuerst auf den Brückenbau übertragene, Anwendung von komprimirter Luft, wegen der Möglichkeit der Bodenlösung im Trocknen und der Beseitigung von hierbei vorkommenden Hindernissen, die von den Engländern erfundene, jedoch auf loseren, gleichmäßigen Boden beschränkte Anwendung der verdünnten Luft verdrängt hat. Als ein Fortschritt der ursprünglich gebräuchlichen Methode des Versenkens und Kuppelns mehrerer kleiner eiserner Röhren mittels komprimirter Luft muß die Möglichkeit der Herstellung von Brückenpfeilern aus einem Stück auf eisernen Kasten angesehen werden, die wie bei der Kehl-Sträßburger-Rheinbrücke gekuppelt sind oder, wie bei der Königsberger Bregelbrücke, aus einem Stück bestehen. Die hierbei eingehaltene Methode der kontinuierlichen Bodenförderung durch komplizirte, unter Wasser arbeitende, schwer zugängliche und reparirbare Bagger hat sich als unpraktisch, dagegen die neuere, ebenfalls ununterbrochene, Bodenförderung durch Krähne und zwei mit der Luftschleuse in Verbindung stehende Seitenabtheilungen als brauchbar erwiesen. Trotz aller dieser Verbesserungen tritt neben diesen versenkten eisernen Röhren und Kästen in den sechziger Jahren die einfachere, bei den Indiern altübliche und von den Engländern adoptirte Foundation durch Versenkung von mehreren gemauerten, unter sich verbundenen Brunnen über eisernen Kränzen auf, deren Einsenkung zunächst durch Handbagger und ohne Anwendung der Beseitigung des Wassers bewirkt wird. Die Schwierigkeit der gleichzeitigen Versenkung mehrerer, wenig von einander entfernter Brunnen führte auf den Gedanken der Fundirung von Brückenpfeilern durch Versenkung weniger, runder, gemauerter Röhren und selbst eines einzigen runden Brunnens auf eisernem Brunnenkranz, welche bei geringer Gründungstiefe und gleichmäßigem, losem Baugrund ebenfalls durch Handbaggerung ohne Beseitigung des Wassers, bei größerer Gründungstiefe und festerer Bodenbeschaffenheit aber, nach Auspressen des Wassers, mittels verdichteter Luft und hierdurch ermöglichter Bodenlösung im Trocknen versenkt werden. Nach den mit der Senkung rechteckiger, gemauerter Röhren bei Herstellung einer Kaimauer in Hamburg gemachten Erfahrungen darf in der Folge diese, der Grundform von Brückenpfeilern angemessenere Form, welche durch Vorsetzen von runden oder zugespitzten Pfeilerköpfen vervollständigt werden kann, den zu versenkenden Brückenpfeilern gegeben werden, deren Einsenkung je nach der Gründungstiefe und Beschaffenheit des Flußbetts ohne oder mit Anwendung von komprimirter Luft zu bewirken sein wird. In letzterem Falle wird der eiserne, entsprechend mehr versteifte, der Pfeilerform sich genau anschließende Brunnenkranz mit einer eisernen Decke von kleinerer, jedoch ähnlicher Grundform zu verbinden und der hierdurch gebildete, länglich glockenförmige Raum durch Eisen oder vorgefragtes Mauerwerk zu schließen sein, während sowol die Anordnung

der seine Decke durchsetzenden Luft- und Steigeschächte und die Art und Weise der Bodenförderung im Prinzip und mit den erforderlichen Detailveränderungen beizubehalten sein dürfte. Nach den bis jetzt gemachten Erfahrungen möchte die Anwendung von eisernen oder gemauerten Röhren und von komprimirter Luft zum Auspressen des Wassers aus denselben nur da an der Stelle sein, wo die lokalen Verhältnisse, wie z. B. aus mächtigen Triebandschichten bestehende, fluktuirende Flußbetten, zur Annahme bedeutender Gründungstiefen und steiniger Boden oder besondere, z. B. durch einzelne Steinblöcke, altes Pfahl- oder Mauerwerk entstehende Hindernisse zur Vornahme von Arbeiten nöthigen, welche bei Gegenwart des Wassers entweder unmöglich oder zu umständlich sind. Wo aber Gründungen bei gleichartigen Schichten von Sand und Kies in Tiefen vorzunehmen sind, welche mit Handbaggern noch erreicht werden können oder, wie bei wenig durchlässigen Thonschichten, in welchen, unter Anwendung weniger gewöhnlicher Pumpen, das Wasser leicht zu beseitigen ist, verdient jene einfachere, ohne Mitwirkung verdichteter Luft zu bewerkstelligende Gründung als die, bei gleicher technischer Tüchtigkeit billigere, den Vorzug. Die Zukunft wird daher in den einzelnen Fällen, gestützt auf zuverlässige Untersuchungen der Brückenbaustelle, die relativ einfachste Gründungsweise, wobei auch ältere Gründungsverfahren, z. B. eine Bétonirung zwischen eisernen Fangdämmen und Spundwänden natürlich nicht ausgeschlossen sind, zu wählen und die erweiterte, noch neue, vereinfachte Methode auszuüben und weiter auszubilden haben.

U n h a n g.

Die eisernen Brücken der Gegenwart.

Unter den Systemen schmiedeiserner Brücken, welche gegenwärtig entweder in Ausführung begriffen oder kaum vollendet sind, finden wir sowol dasjenige der Hängebrücke, Balkenbrücke und Stützbrücke, als auch die Kombination aus Hängebrücke und Fachwerkbrücke vertreten.

Unter den Hängebrücken der Gegenwart sind wegen der Kühnheit und Großartigkeit ihres Entwurfs die Drahtseilhängebrücke über den East-River,²³⁵⁾ den Meeresarm, welcher New-York von der geschäftlich innigst mit ihr verwachsenen Stadt Brooklyn trennt und, wegen der Neuheit des hier zum erstenmale ausgeführten Systems, die auf Seite 409 bis 417 beschriebene und in Fig. 1024 bis 1060 abgebildete versteifte Charnier-Hängebrücke über den Main bei Frankfurt hervorzuheben.

Die von dem, am 22. Juli 1869 verstorbenen, berühmten Erbauer des auf Seite 179 bis 180 beschriebenen und in Fig. 277 und 278 abgebildeten Aequadukts des Pennsylvaniakanals über den Alleghany bei Pittsburg, der auf Seite 174 bis 176 beschriebenen und in Fig. 271 bis 275 dargestellten Drahthängebrücke über den Niagara, sowie der auf Seite 176 bis 178 beschriebenen und in Fig. 276 abgebildeten Brücke über den Ohio bei Cincinnati, dem deutschen Ingenieur Johann August Röbling²³⁶⁾, entworfenen und begonnenen, von seinem ältesten Sohne Oberst Washington Röbling in der Ausführung fortgeführte, fast eine engl. Meile lange East-River-Brücke, s. Fig. 1137, wird eine mittlere Oeffnung von 518,16 Mtr. (1700' engl.), der bis jetzt bekannten größten Spannweite einer Brücke, und zwei je 289,56 Mtr. (950' engl.) weite Seitenöffnungen erhalten, an welche letztere sich zwei bequem ansteigende, zur Herstellung der, für die hier verkehrenden, kolossalen Seeschiffe erforderlichen, Durchfahrtsöffnungen über die Häuser New-Yorks und Brooklyns sich erhebende, Rampen anschließen. Die von eisernen Fachwerkträgern seitlich begrenzte Verkehrsbahn wird, bei einer Gesamtbreite von 25,60 Mtr. (84' engl.), zwei Fahrbahnen für gewöhnliche Wagen, zwei

Fig. 1137. Brücke über dem West-Niagara zwischen New-York und Buehling.

Eisenbahnen mit Lokomotivbetrieb und einen 4,57 Mtr. (15' engl.) breiten Weg für Fußgänger in der Mitte erhalten und von riesigen, in der von J. A. Röbling gegründeten Drahtseilfabrik hergestellten Drahtseilen von einer ganzen nebst zwei halben Kurven getragen und mit diesen durch eine große Anzahl von Diagonaldrähten, in der bei der Ohio-Brücke, mit deren System und Ausführung sich der Erbauer stets besonders zufrieden erklärt hatte, erörterten Weise, verbunden und dadurch versteift werden. Die Baukosten dieser versteiften Draht-hängebrücke, deren Oberbau aus Schmiedeeisen und Stahl, deren Kabelleiser aus Stein bestehen werden, belaufen sich ohne den zum Grunderwerb erforderlichen Raum auf 7 Millionen Dollars, die von Aktionären der beiden zu verbindenden Städte gezeichnet sind.

Als das erste Beispiel der Hängebrücken mit Stahlketten verdient hier nachträglich die von Wittig entworfene und in den Jahren 1827—1828 zur Verbindung der Stadt und Leopoldstadt erbaute Karlsbrücke über die Donau¹⁰²⁾ in Wien Erwähnung, bei welcher theils die, durch besonders angestellte Versuche festgestellte, größere absolute Festigkeit, theils der ziemlich billige Preis des Stahls Veranlassung zur Anwendung stählerner, statt schmied-

eiserner Ketten geführt hatte. Die Verkehrsbahn dieser Brücke wurde von zwei Stahlketten mit 95,12 Mtr. (50° 1' österr.) Spannweite und 6,27 Mtr. (19' 10" österr.) Pfeilhöhe getragen, welche über einen mit 8,85 Mtr. (28' österr.) Halbmesser beschriebenen Quadranten durch einen mit Cementmörtel ausgegossenen, gemauerten Kanal hinter dem Kettenpfeiler senkrecht hinabgeführt und in dem Unterbau derselben verankert wurden. Die Kettenglieder sowol der Trag- als Spannketten bestehen aus 1,89 Mtr. (6' österr.) langen, abwechselnd vier, 5,26 Cmtr. (2" österr.) hohen, 1,97 Cmtr. (9''' österr.) breiten und fünf 5,26 Cmtr. (2" österr.) hohen, 1,53 Cmtr. (7''' österr.) breiten, durch 6,58 Cmtr. (2½" österr.) im Durchmesser starken schmiedeeisernen Bolzen verbundenen Kettengliedern, von welchen die ersteren vor der Verwendung mit je 33600 Kg. (600 Ctr. österr.), die letzteren mit je 28000 Kg. (500 Ctr. österr.) geprüft wurden. Die Verbindungsbolzen der Tragketten nehmen zwei eiförmige, 0,87 Cmtr. (4''' österr.) starke Platten auf, zwischen welchen an, 1,97 Cmtr. (9''' österr.) Durchmesser haltenden, Bolzen die schmiedeeisernen, 1,97 Cmtr. (9''' österr.) im Quadrat starken, an ihrem unteren Ende mit Schraubengewinden versehenen, Hängestangen befestigt sind. Die Längsträger bestehen aus einzelnen, fast 2,21 Mtr. (7' österr.) langen, 3,95 Cmtr. (1" 6''' österr.) hohen und 1,97 Cmtr. (9''' österr.) dicken, an einem Ende in Gabeln endigenden Stangen, zwischen welchen die Enden der folgenden Stangen eingelegt und durch Bolzen und Ringe befestigt, sowie die Hängestangen durchgesteckt wurden, an welche man sodann die zur Unterlage der Längsträger dienenden Muttern anschraubte. Bei jeder Hängestange ruhte ein 3,79 Mtr. (12' österr.) langer, 28,97 Cmtr. (11" österr.) hoher und 15,78 Cmtr. (6" österr.) dicker Querbalken aus Lärchenholz, in welchen die Längsträger eingelassen und der Länge nach mit 7,9 Cmtr. (3" österr.) dicken Bohlen bedeckt wurden. Zwei 3,48 Mtr. (11' österr.) entfernte, in der Ebene der Hängestangen, welche dieselben bilden helfen, gelegene eiserne Geländer begrenzen die Brückenbahn, deren Eigengewicht nur 450 Kg. p. l. Mtr. (15,3 Ctr. p. l. Rlstr. österr.) beträgt, ein Umstand, der bei den nicht selten eintretenden heftigen Stürmen zu, bis auf 0,32 Mtr. (1' österr.) Höhe anwachsenden, vertikalen Schwankungen Veranlassung giebt. Die Verankerung ist in besondern Kettenhäusern durch Desen und Bolzen gegen Quader bewirkt und der zum Durchlaß der Ringe in die Quader ausgehauene Raum zur Verhütung der Oxidation mit Blei vergossen.

Unter den eisernen Balkenbrücken der Gegenwart sind, wegen der Größe und Kühnheit ihrer Träger über deren Hauptöffnung, welche die größte, dermalen bekannte Spannweite eines Fachwerkträgers besitzen, die Brücke über den Red bei Ruilenburg²³⁷⁾, s. Fig. 1138 bis 1161, sowie die in einem verwandten Konstruktionsystem ausgeführte Brücke über den Rhein bei Hamm²³⁸⁾ und wegen der Neuheit und Eleganz der Anordnung des ange-

Fig. 1138 bis 1140. *Größe und Fingergröße der Prüfer über dem Grad bei Anweisung.*

wandten Systems die in der Hamburg-Harburger Strecke der Paris-Hamburger Bahn von Lohse entworfene, in Ausführung begriffene Brücke über die Elbe bei Hamburg²³⁹⁾ hervorzuheben.

Dem über die Lechbrücke auf Seite 251 im Allgemeinen Angeführten ist über die Detaillkonstruktion der erwähnten großen Oeffnung hinzuzufügen, daß sowohl die obere gekrümmte, als die untere gerade Gurtung einen U-förmigen, aus je zwei doppelten, 1 Mtr. im Lichten abstehenden, 1,04 hohen

Fig. 1152.

Fig. 1153.

Fig. 1147.

Fig. 1147 bis 1161. Querschnitte und Details der Brücke über dem Sech bei Mültenburg.

Vertikalplatten von je 1,5 Emtr. Stärke, je 4 Winkelseisen von $15 \times 15 \times 1,5$ Emtr. und an den Enden je zwei, in der Mitte je 6 Horizontalplatten von je 1,5 Emtr. Stärke und 1,8 Emtr. Breite bestehenden Querschnitt, s. Fig. 1152, besitzt, während die zwischen jene beiden Vertikalplatten eingeschalteten Vertikalpfosten einen Abstand von 9,26 Mtr. von Mittel zu Mittel besitzen und einen I-förmigen Querschnitt aus je einer vollen, zur Brückenaxe senk-

rechten Vertikalplatte von 1 Mtr. Breite, aus je zwei zur Brückenare parallelen Vertikalplatten von 20 Cmr. Breite und 1 Cmr. Stärke in der Mitte bis zu 40 Cmr. Breite und 1,8 Cmr. Stärke an den Enden und je 4, diese je 3 Vertikalplatten untereinander verbindende, Winkelleisen erhalten haben. Die je zwei, an die äußeren Seiten der Vertikalpfosten angeschlossenen, also 1 Mtr. von einander abstehenden, flachen Diagonalbänder von gleicher Lage haben in der Mitte des Trägers einen Bruttoquerschnitt von $2 \times 2 \text{ Cmr.} \times 13 \text{ Cmr.} = 52 \square \text{ Cmr.}$ bei einem Nettoquerschnitt von $42 \square \text{ Cmr.}$, an den Enden einen Bruttoquerschnitt von $2 \times 3 \text{ Cmr.} \times 78 \text{ Cmr.} = 468 \square \text{ Cmr.}$ bei einem Nettoquerschnitt von $434 \square \text{ Cmr.}$, während die vier über die Mitte hinaus erforderlichen Diagonalzugbänder successive die Nettoquerschnitte von je 40, 30, 16 und 14 $\square \text{ Cmr.}$ zeigen. Die zwischen die Vertikalpfosten eingeschalteten, 8,2 Mtr. langen und 0,9 Mtr. hohen Querträger, s. Fig. 1150, sind von I-förmigem Querschnitt, dessen Vertikalplatte eine Stärke von 0,85 Cmr., dessen obere und untere Horizontalplatte eine Breite von je 20 Cmr. und eine Stärke von je 0,9 Cmr. und dessen vier Winkelleisen einen Querschnitt von je $8 \times 8 \times 0,9 \text{ Cmr.}$ besitzen. An die Querträger sind in Entfernungen von je 1,8 Mtr. vier Schwellenträger, s. Fig. 1150 und 1151, von je 4 Mtr. Länge mittels starker Winkelleisen angenietet, welche gleichfalls einen I-förmigen Querschnitt haben, aus einer 0,4 Mtr. hohen, 0,7 Cmr. starken Vertikalplatte und aus je vier, $7 \times 7 \times 0,7 \text{ Cmr.}$ starken Winkelleisen bestehen, und je fünf, 16 Cmr. hohe und 20 Cmr. breite Querschwellen aufnehmen. Auf diesen 6,2 Mtr. langen, also für die Aufnahme zweier Geleise bestimmten Querschwellen liegt vorläufig nur ein Fahrgeleise in deren Mitte und ein Belag aus Längsbohlen zu beiden Seiten. Außerdem ruhen zunächst der Vertikalpfosten, an welche Geländerholmen befestigt sind, zwei Bankette aus kurzen Querbohlen auf je zwei, von den Querträgern direkt unterstützten Längsschwellen. Die Querverbindung der Vertikalpfosten an deren oberem Ende besteht aus einem Quergitter von 1,65 Mtr. Höhe an den 8 Mtr. hohen Endpfosten, s. Fig. 1148, und von 13,65 Mtr. Höhe an den 20 Mtr. hohen Mittelpfosten, s. Fig. 1147, dessen Anschluß an die Vertikalpfosten unten durch ein nach der Mitte hin bis auf 33 Cmr. Höhe ausgeschweiftes und an seinem unteren Rande mit Winkelleisen gesäumtes, 1 Cmr. starkes Querblech, oben durch ein 43 Cmr. hohes, an seinem oberen Rande mit Winkelleisen gesäumtes, durch dreieckige Winkelbleche in den Ecken verstärktes Querblech bewirkt ist. Die 7 Cmr. breiten Gitterstäbe, welche bei zunehmender Höhe des Gitters von 6 zu 6 Maschen durch Gitterstäbe aus je zwei Winkelleisen von 10 Cmr. Flanschenbreite verstärkt sind, wurden gegen die hervorstehende Flansche eines an die Vertikalpfosten befestigten T-Eisens genietet. Der unter dieser Gitterkonstruktion durchweg verbleibende freie Raum hat, bei einer

lichten Breite von 8 Mtr. zwischen den Vertikalpfosten, von der Schienenoberkante aufwärts gerechnet 5 Mtr. lichte Höhe, welche letztere zugleich für die Form der Tragwände an den Enden maßgebend war. Etwa in der halben Höhe der Querträger und unmittelbar unter den Schwellenträgern, sowie über der Horizontalplatte der oberen Gurtungen, sind die Windversteifungen aus Quer- und Diagonalstäben in der aus dem Grundriß ersichtlichen Weise angebracht. Zur Versteifung der Vertikalpfosten nach der Länge der Brücke sind dieselben überdies durch gebogene, etwa in dem ersten und zweiten Drittel ihrer Höhe befestigte Schienen verbunden. Auch die Parallelträger der übrigen Öffnungen haben U-förmige Gurtungen, I-förmige Vertikalpfosten und flache Diagonalen, überhaupt hinsichtlich der Gesamtanordnung einen, dem Endquerschnitt der soeben beschriebenen, oben parabolisch gekrümmten Tragwände ähnlichen, in Fig. 1149 dargestellten, Querschnitt, nur mit anderen, der geringeren Spannweite entsprechenden Abmessungen.

So besitzt jede Gurtung der 80 Mtr. weiten Öffnung, s. Fig. 1153, zwei 70 Cmt. hohe, doppelte, 60 Cmt. im Lichten von einander abstehende Vertikalplatten aus 1,5 Cmt. starken Blechen; eine 1,2 Mtr. breite, an den Enden aus zwei je 1 Cmt. starken, in der Mitte aus neun, je 1 Cmt. starken Blechen bestehende Horizontalplatte, welche mittels Winkleisen von $15 \times 15 \times 1,5$ Cmt. Stärke mit jenen Vertikalplatten verbunden sind. Die zur Brückenaxe senkrechte Vertikalplatte der Vertikalpfosten besitzt zunächst der Mitte des Trägers 58 Cmt. Breite bei 0,7 Cmt. Dicke, an den Enden 57 Cmt. Breite bei 1 Cmt. Dicke, während die zur Brückenaxe parallelen Vertikalplatten derselben an den bezeichneten Stellen beziehungsweise 30 Cmt. auf 0,7 Cmt. und 50 Cmt. auf 1,5 Cmt. stark sind. Die zur Befestigung derselben untereinander dienenden je 4 Winkleisen haben beziehungsweise die Abmessungen $7 \times 7 \times 0,7$ Cmt. und $15 \times 15 \times 1,5$ Cmt. Die gleichfalls doppelten Diagonalbänder haben zunächst der Mitte einen geringsten Bruttoquerschnitt von 2×12 Cmt. \times 2 Cmt. = 48 □ Cmt. bei 36 □ Cmt. Nettoquerschnitt, zunächst der Auflager einen geringsten Bruttoquerschnitt von 2×54 Cmt. \times 3 Cmt. = 324 □ Cmt. bei 290 □ Cmt. Nettoquerschnitt.

Die Gurtungen der 57 Mtr. weiten Öffnungen, s. Fig. 1154, haben je zwei einfache Vertikalplatten von je 60 Cmt. Höhe und 1,7 Cmt. Stärke, eine 1 Mtr. breite, an den Enden aus je zwei 0,8 Cmt. starken, in der Mitte aus je fünf 0,8 Cmt. starken Blechen bestehende Horizontalplatte, welche mit jenen Vertikalplatten durch je vier, $15 \times 15 \times 1,5$ Cmt. starke Winkleisen verbunden ist.

Die Vertikalpfosten haben zunächst der Mitte Vertikalplatten von $48 \times 0,7$ Cmt. Querschnitt senkrecht und von je 30×1 Cmt. Querschnitt parallel zur Brückenaxe, welche durch je 4 Winkleisen von $7 \times 7 \times 0,7$ Cmt. Querschnitt untereinander verbunden wurden, zunächst der Auflager Vertikalplatten

von $47,4 \times 1$ Emtr. Querschnitt senkrecht und von je $40 \times 1,3$ Emtr. Querschnitt parallel zur Brückenaxe, welche durch je 4 Winkelleisen von $9 \times 9 \times 1,5$ Emtr. untereinander verbunden sind. Die Zugbänder haben zunächst der Mitte einen geringsten Bruttoquerschnitt von $2 \times 10 \times 1,5$ Emtr. = $30 \square$ Emtr. und einen geringsten Nettoquerschnitt von $20 \square$ Emtr., zunächst dem Auflager einen Bruttoquerschnitt von $2 \times 61 \times 1,7$ Emtr. = $207,4 \square$ Emtr. und einen Nettoquerschnitt von $189 \square$ Emtr. Die letzten jenseits der Mitte befindlichen Zugbänder haben einen Bruttoquerschnitt von $2 \times 6 \times 0,7 = 8,4 \square$ Emtr. und einen Nettoquerschnitt von nur $2 \square$ Emtr.

Die Auflagerung sämtlicher Träger erfolgte auf je einem feststehenden, bei eintretenden Durchbiegungen um eine Walze drehbaren Ripplager, s. Fig. 1145 und 1146, und je einem, auf einem Rollenstuhl verschieblichen, gleichfalls um eine Walze drehbaren Ripplager, s. Fig. 1142 bis 1144, und sind dieselben nur hinsichtlich ihrer Abmessungen verschieden. Während das Rollkipplager der größten Träger eine Länge von 2,6 parallel und eine Breite von 1,8 Mtr. senkrecht zur Brückenaxe besitzt, haben die Rollkipplager der mittleren und kleinsten Träger solche von beziehungsweise 2 Mtr. Länge bei 1,2 Mtr. Breite und 1 Mtr. Länge bei 1 Mtr. Breite.

Die Gurtungen, Diagonalen, Vertikalstäbe, oberen Querverbindungen und die zur Befestigung der Holz- an die Eisen-Theile dienenden Schraubenbolzen wurden ausschließlich aus gewalztem Eisen, die Windkreuze, Quer- und Längsträger aus gewalztem Gußstahl und Walzeisen, welches letztere meist nur zur Herstellung der Befestigungstheile diente, und die Auflagerstühle aus Gußstahl hergestellt, das Holzwerk aber mit Kupfervitriol imprägnirt.

Von vorstehenden Eisenmaterialien kamen nach dem Vorschlag auf die

Haupttheile:	Deffnung von 150 Mtr.			Deffnung von 80 Mtr.			Deffnung v. 57 Mtr.		
	Walzeisen.	Gew. Gußstahl.	Gußstahl.	Walzeisen.	Gew. Gußstahl.	Gußstahl.	Walzeisen.	Gew. Gußstahl.	Gußstahl.
	Rg.	Rg.	Rg.	Rg.	Rg.	Rg.	Rg.	Rg.	Rg.
Gurtungen . .	178 000			362 000			134 000		
Diagonale . .	213 000			87 000			44 000		
Vertikale . . .	354 000			87 000			46 000		
Obere Quer- verbindung .	191 000			45 000			34 000		
Windkreuze . .	8 000	45 000		4 000	9 000		12 000		
Querträger . .	16 000	48 000		8 000	28 000		6 000	19 000	
Längsträger . .	2 000	40 000		1 500	22 000		500	14 000	
Schraubenbol- zen	1 000			500			500		
Auflagerung .	"	"	70 000	"	"	32 000	"	"	9 000
Zusammen	1 963 000	133 000	70 000	895 000	59 000	32 000	277 000	33 000	9 000

Die Nietbolzen wurden theils mit runden, theils mit versenkten Köpfen hergestellt. Bezeichnet d den Durchmesser der Bolzen, so betragen die in Fig. 1160 und Fig. 1161 eingeschriebenen Abmessungen der Niete mit

runden Köpfen	versenkten Köpfen
$D = 1,5 d,$	$D = 1,5 d,$
$h = \frac{1}{3} d,$	$H = 0,5 d.$
$H = 0,5 d,$	
$R = d,$	
$r = 0,5 d,$	

Die Schraubenbolzen erhielten die folgenden, auf den Durchmesser d des Bolzens bezogenen Verhältnisse des Kopfes und der Mutter:

Höhe des Kopfes $h = d,$

Durchmesser des dem sechseckigen Kopf eingeschriebenen Kreises $D = 1,6 d,$

der Radius der abgerundeten Oberfläche des Kopfes $r = \frac{5}{3} D,$

Höhe der Mutter $h = 1,2 d,$

Durchmesser des der sechseckigen Mutter eingeschriebenen Kreises $D = 1,8 d,$

der Radius der abgerundeten Oberfläche der Mutter $r = \frac{5}{3} D.$

Die zur Verbindung der rechts- und linksrheinischen Bahnstrecken der Bergisch-Märkischen Eisenbahngesellschaft bestimmte und in der neuen Linie Düsseldorf-Neuß, beziehungsweise Berlin-Elberfeld-Aachen gelegene, von Pichler entworfene und ausgeführte Brücke über den Rhein bei Hamm²³⁸⁾ besteht im Zusammenhange aus einer auf der rechten oder Düsseldorfer Seite gelegenen Steinbrücke mit vier Oeffnungen von je 103,56 Mtr. (330' preuß.) lichter, resp. 105,91 Mtr. (337½' preuß.) Stützweite, in einer, aus militärischen Rücksichten eingelegten $2 \times 13,18$ Mtr. ($2 \times 42'$ preuß.) weiten, doppelarmigen Drehbrücke und aus 15, auf der linken oder Neußer Seite befindlichen 18,83 Mtr. (60' preuß.) weiten, gewölbten Flutöffnungen. Außerdem befindet sich, ebenfalls zu Vertheidigungszwecken, auf der rechten Seite eine 3,76 Mtr. (12' preuß.) weite Zugbrücke und ein sogenanntes Sperrfort mit zwei Kuppelthürmen, einer gehörigen Anzahl gewölbter, bombenfester Rasematten und einem ringsum laufenden, 9,41 Mtr. (30' preuß.) breiten Graben, welcher durch einhüftige Drehbrücken überspannt wird.

Die Strombrücke schneidet den Fluß rechtwinklig und ist, bei 7,53 Mtr. (24' preuß.) lichter Weite zwischen den Hauptträgern, für zwei Geleise eingerichtet. Die Gesamtform der Träger ist der Form jener, die Hauptöffnung der Leckbrücke überspannender, Träger verwandt, deren untere Gurtung gerade und deren obere, höher liegende Gurtung gekrümmt ist, während die Vertikalen auf Druck und die, mit Ausnahme der Brückenmitte, einseitig geneigten Diagonalen im dreifachen Systeme und auf Zug konstruirt sind. Nur statt der in den beiden ersten und letzten Feldern jedes Trägers der Leckbrücke angeordneten Zug-

bänder sind hier Druckstreben angebracht. Die Querschnitte der Gurtungen, welche aus Platten, resp. Flacheisen und Winkleisen zusammengesetzt sind, ist \sqsubset -, resp. \sqsupset förmig, die gezogenen Diagonalen sind aus Flacheisen, die theilweise gedrückten Vertikalen in I-Form konstruirt. Jeder Hauptträger hat ein loses, auf Rollensegmenten ruhendes und ein festes Lager, welche beide den Durchbiegungen der Träger durch die Drehung um einen Zapfen folgen können.

Zur Herstellung der Brückenbahn sind zwischen die Hauptträger Querträger eingespannt und an diese die Längsträger befestigt, auf welchen die Querschwellen für das Schienengestänge ruhen. Zwischen die Hauptträger und unter den Quer- und Längsträgern ist ein kräftiger horizontaler Längsverband eingeschaltet, während die oberen Gurtungen durch Traversen gegeneinander abgesteift und sowol an ihrer oberen als auch an ihrer unteren Fläche mit Diagonalverbänden versehen sind. Außerdem sind nach der Längsrichtung der Brücke zwischen jene Traversen I-förmige Absteifungen eingebaut, während in dem mittleren, höheren Theile der Brücke auch noch die Vertikalen gegeneinander abgesteift wurden. Die Pfeiler sind massiv ausgeführt, mit einer Werksteinverkleidung versehen und, zwei Strompfeiler ausgenommen, zwischen Spundwänden auf Bétonsohlen und mit Hülfe von Bétonfangedämmen gegründet. Vor jenen beiden Strompfeilern liegt die Sohle beziehungsweise etwa 15,69 Mtr. (50' preuß.) und etwa 13,81 Mtr. (44' preuß.) unter Mittelwasser, weshalb sie mit Anwendung von komprimirter Luft fundirt wurden. Sie stehen auf je zwei Kreisrunden, 8,16 Mtr. (26' preuß.) im Durchmesser haltenden, massiven Steincylindern, auf welchen in einer Tiefe von etwa 7,84 Mtr. (20' preuß.) unter Mittelwasser die Pfeiler beginnen. Die beiden Cylinder eines Pfeilers, deren Peripherie sich bis auf 1,25 Mtr. (4' preuß.) nähert, wurden bei kleinem Wasser durch ein Gewölbe verbunden und der zwischen ihnen gebliebene Zwischenraum mit Béton und Mauerwerk ausgefüllt. Die Strompfeiler wurden im Mai 1868 begonnen und in dem entsprechenden Monate des Jahres 1869, in welchem auch die Flutbrücke fertig hergestellt wurde, vollendet. Die Aufstellung des eisernen Ueberbaues, welcher zusammen ziemlich genau $5\frac{1}{2}$ Millionen Pfund wiegt, wurde im Sommer 1869 begonnen und ist zur Zeit für drei Oeffnungen montirt, während die Oeffnung für den Herbst 1870 in Aussicht genommen ist.

Die Fundirungen und Pfeilerbauten, nebst den umfangreichen Stromregulirungen und Deichanlagen wurden in Regie und kleineren Aufträgen ausgeführt, während die Herstellung des eisernen Ueberbaues mit Einschluß aller erforderlichen Rüstungen der Eisenbauanstalt von Harthort kontraktlich übertragen ist.

Die Hamburger Elbebrücke²³⁹⁾, s. Fig. 1162 bis 1164, erhält zwei

Eisenbahngleise und zwei Fußwege von je 1,41 Mtr. ($4\frac{1}{2}'$ preuß.) Breite und übersetzt die zu überspannende, 407,94 Mtr. (1300' preuß.) betragende Flußbreite der hier vollständig regulirten Elbe mit- tels dreier Hauptöffnungen von je 99,16 Mtr. (316' preuß.) Weite zwischen den Auflagermitten oder 96,02 Mtr. (306' preuß.) Weite im Lichten und im Anschluß an jedes Ende dieser Hauptbrücke mittels zweier bogenförmig überdeckter Oeffnungen von je 21,97 Mtr. (70' preuß.) Spannweite. Während die Endpfeiler der größten Oeffnungen, welche den eigent- lichen Stromlauf mit einer Tiefe von 2,51 bis 3,14 Mtr. (8 bis 10' preuß.) unter dem Nullpunkt des Hamburger Pegels überspannen, auf den Uferrändern stehen, dienen die das beiderseitige, 1,88 bis 2,51 Mtr. (6 bis 8 preuß.) über dem Nullpunkt des Hamburger Pegels liegende Vorland überbrückenden Bogenöffnungen als Flutbrücken bei hohen Wasserständen, welche bei den größten Sturmfluten eine Höhe von 5,93 Mtr. (20' 6" Hamb.) erreichen, und schließen sich unmittelbar den wasserfreien Deichen an, innerhalb derer die angeschütteten Eisenbahndämme beginnen, deren Kronen auf 6,36 Mtr. (22' Hamb.) bei dem linksseitigen wasser- freien Deiche und auf 6,07 Mtr. (21' Hamb.) bei dem rechtsseitigen Stromkor- rektionsdamme liegen.

Statt der früher von Hannoverschen und Hamburgischen Regierungstechnikern projektirten, horizontal gegurteten Gitter- träger wurden sowol zur Herstellung einer ästhetisch befriedigenderen Form, als zur Gewinnung einer möglichst hohen Durch- flußöffnung, indem die Unterflanke der



Fig. 1161.



Fig. 1162 bis 1164. Brücke über die Elbe bei Hamburg in der Hain-Hamburg-Bahn.

Brückenkonstruktion 1,88 Mtr. (6' preuß.) über der höchsten Sturmflut liegen soll, bogenförmige, über der Fahrbahn liegende Balkenträger gewählt, deren 3,14 Mtr. (10' preuß.) hohe, in der Mitte bezüglich ihrer Schwerpunkte 3,14 Mtr. (10' preuß.) von einander entfernte und an den Enden unter einander vereinigte bogenförmige Gurtungen, nach Art der Koblenzer Rheinbrückenkonstruktion doppelt und durch Diagonalkreuze versteift, das ganze Biegemoment aufnehmen, während ihnen das Gewicht der Fahrbahn und Verkehrsbelastung nur durch vertikale, zwischen sie eingeschaltete Zugstangen zugeführt wird; eine Anordnung, welche zwar etwas mehr Material, als solches bei Einschaltung von Diagonalkreuzen zwischen die Gurtungen nöthig geworden wäre, erfordert, aber gleichwol zur Verbesserung des Aussehens der Konstruktion angenommen wurde. Die erwähnten 4 kleineren Oeffnungen werden dagegen mit unter der Fahrbahn liegenden, eisernen Bogenträgern überbrückt.

Da sich in der Tiefe von 5,02 bis 5,65 Mtr. (16 bis 18' preuß.) tragfähiger Sandboden vorfand und die Strömung in dem durchweg geregelten Stromlauf keine Veranlassung zu Auskolkungen und Unterspülungen giebt, so wurde eine, derjenigen der Brücken über die Weichsel bei Dirschau, über die Rogat bei Marienburg und über den Rhein bei Köln ähnliche, aus Pfahlrost und einer, die Pfahlköpfe bedeckenden, Betonschüttung bestehende Gründung gewählt. Nachdem man für die Strompfeiler im Schutze einer gegen die Ebbe-Strömung vorgerammten Wand in dem, wie bemerkt, 2,51 bis 3,14 Mtr. (8 bis 10' preuß.) unter Hamb. Null liegenden, Flußbette eine Baugrube bis auf den, 5,02 bis 5,65 Mtr. (16 bis 18' preuß.) unter Null liegenden, tragfähigen Boden ausgebaggert und in derselben mittels Dampftramme von Gerüsten aus eine geschlossene Pfahlwand von 26,1 bis 31,4 Emtr. (10 bis 12" preuß.) starken Pfählen bis zu einer Tiefe von 10,98 Mtr. (35' preuß.) unter Null eingerammt hatte, wurde die Baugrube innerhalb derselben mittels verschiebbarer, auf Rollbrücken ruhender Dampftrammen und bis zur Tiefe von 12,55 Mtr. (40' preuß.) unter Null mit Grundpfählen ausgerammt, welche 0,31 Mtr. (1' preuß.) über dem Boden der Baugrube mittels Kreissägen abgeschnitten und hierauf bis zur Höhe von 0,62 Mtr. (2' preuß.) unter Null des Hamburger Pegels die erwähnte Betonschüttung aufgebracht, welche das Mauerwerk der Pfeiler zu tragen hat.

Unter die bis jetzt noch vereinzelt Beispiele von Balkenträgern aus Stahl gehört die von dem Ingenieur-Major Adelsköld entworfene, im Jahre 1866 vollendete Brücke über die Götha-Elf³⁾ in der von der Gothenburger-Stockholmer Bahn auslaufenden Nebenbahn nach Uddawella bei Trollhätta mit 42 Mtr. Spannweite und zwei Bogenbalkenträgern, deren oberer Flansch gerade, deren unterer Flansch nach der Parabel gekrümmt, und zwischen welche ein Stabsystem nach der Form des gleichschenkligen Dreiecks eingeschaltet ist. Um die Träger so leicht als möglich zu machen und sie ohne

Anwendung von Gerüsten, an deren Aufschlagen in jenem Flußbette nicht zu denken war, aufstellen zu können, wurden dieselben nicht aus Eisen, sondern aus, in dem Walzwerke von Surahammer im nördlichen Schweden fabrizirtem und in der Bergsund'schen Maschinenfabrik zu Stockholm verarbeitetem, *Puddelstahl* hergestellt, dessen zulässige Anstrengung zu 14 Kg. p. \square^{mm} angenommen wurde, nachdem jeder einzelne Brückentheil auf eine doppelt so große Spannung probirt worden war. Das Gewicht des ganzen Brückenüberbaues betrug 5600 Kg. (1120 Z. Gr.), während das Gewicht der entsprechenden Eisentkonstruktion fast doppelt so groß und der Kostenbetrag höher, als derjenige der Stahlkonstruktion gewesen sein würde. Die Aufstellung der beiden Parabelträger erfolgte mit Hülfe von zwei einfachen, auf dem Vorlande der beiden Landpfeiler aufgestellten Strahlen, wovon jeder aus zwei starken, nach dem Flusse hin geneigten, unten weit abstehenden, oben verbundenen und vom Lande aus durch Kopfstäue gehaltenen Baumstämmen bestand und am Kopfe einen Flaschenzug trug. Jeder Träger wurde hierauf durch ein an jedem Ende befestigtes, über den entsprechenden Flaschenzug geführtes Tau so lange theils vorwärts gezogen, theils gehoben, bis der an beiden Strahlen hängende Träger in der richtigen Lage auf das Mauerwerk niedergelassen werden konnte. Durch die am 24. Mai 1866 vorgenommene Probebelastung, wobei die Brücke mit einer, der gleichförmig vertheilten Belastung von 136,000 Kg. entsprechenden, Last von 68,000 Kg. in der Mitte beschwert war, wurde in deren Mitte eine Senkung von nicht über 30 Mmtr. erzeugt, während diese Senkung bei der durch dasselbe Gewicht einseitig belasteten Brückenhälfte um 9 Mmtr. abnahm und die andre, unbelastete Hälfte sich um 3 Mmtr. hob. Bei einem Gewichte von 25,200 Kg. und einer Länge von 12 Mtr. für Lokomotive und Tender, faßt die Brücke deren $3\frac{1}{2}$ mit dem Gesamtgewichte von 88,200 Kg., während ein aus Lokomotive und beladenen, den Rest der ganzen Brücke bedeckenden, Lastwagen bestehender Zug die Brücke mit etwa 72,250 Kg., also nur etwa der halben Probebelastung, beschwert.

Zu den bedeutendsten der in Ausführung begriffenen Stützbrücken gehört die von James B. Eads entworfene, für Lokomotiv- und Pferde-Eisenbahnen und Straßenverkehr bestimmte Bogenbrücke über den Mississippi bei St. Louis²⁴⁰⁾, s. Fig. 1165 bis 1167, mit drei Bogen, wovon der mittlere 156,97 Mtr. (515' engl.) Spannweite, bei 15,69 Mtr. (51,5' engl.) Pfeilhöhe, jeder der beiden seitlichen 151,48 Mtr. (497' engl.) Spannweite bei 14,58 Mtr. ($47\frac{5}{8}$ ' engl.) Pfeilhöhe besitzt, an welche sich an jedem Ufer fünf massive, die Werften überspannende Bogen von 7,92 Mtr. (26' engl.) Weite für die Eisenbahngleise anschließen, über welchen sich eine Bogenstellung von 20 Bogen zur Unterstützung der Straßenfahrbahn erhebt. Letztere ist auf dem Ufer von St. Louis horizontal bis zur dritten, zum Flusse parallelen Straße fortgeführt, während sie sich auf dem östlichen Ufer mit $\frac{1}{20}$ Neigung zu den Straßen

herabsenkt. Die Eisenbahnen wenden sich auf demselben Ufer, nachdem sie die Brücke verlassen haben, nördlich und südlich und laufen dann auf etwa 914,4 Mtr. (3000' engl. Länge mit einem Gefälle von $\frac{1}{106}$, zum Theil auf hölzernen Gerüsten, bis zum Niveau der Eisenbahnen von Ost-St. Louis. Auf dem westlichen Ufer schließt sich an den über die Werft führenden massiven Theil der Brücke ein Viadukt, welcher die Geleise durch die Häuserquartiere bis zur dritten Parallelstraße führt, wo dieselben ein Tunnel aufnimmt, der auf 304,8 Mtr. (1000' engl.) Länge und mit einem Gefälle von beinahe $\frac{1}{100}$ durch den, unter den Straßen und Häusern befindlichen, Thonboden zieht.

Die Gründung dieser Brücke hatte in dem ziemlich regelmäßig gebildeten, aus einer, auf dem westlichen Ufer etwa 4,57 Mtr. (15' engl.), auf dem östlichen Ufer aber 30,48 Mtr. (100' engl.) unter einer Sandschicht befindlichen Kalksteinsoble bestehenden Strombett und, um die durch Strompfeiler leicht verursachten Eisstopfungen und Auskolkungen zu vermeiden, direkt auf den Felsen zu erfolgen. Die Schwierigkeit dieser Gründung, welche eine möglichst geringe Pfeilerzahl erforderte, bedingte die großen Oeffnungen der Brücke, welche wieder die Veranlassung zur Anwendung des, mit relativ größerer Festigkeit arbeitenden, Gußstahls als Konstruktionsmaterial wurden. Um durch eine

geringere Breite der Brücke die Baukosten möglichst zu vermindern, wurden die Geleise für den Eisenbahnverkehr 5,48 Mtr. (18' engl.) unter der Fahrbahn für den Straßenverkehr angeordnet und der Brücke eine Breite von nur 15,24 Mtr. (50' engl.) zwischen den Geländern gegeben, wovon bei der oberen Fahrbahn je 2,44 (8' engl.) auf die beiderseitigen Trottoirs und die übrigen 10,36 Mtr. (34' engl.) auf die, mit Geleisen für Pferdebahnen versehene, Fahrstraße kamen.

Fig. 1166.

Fig. 1167.

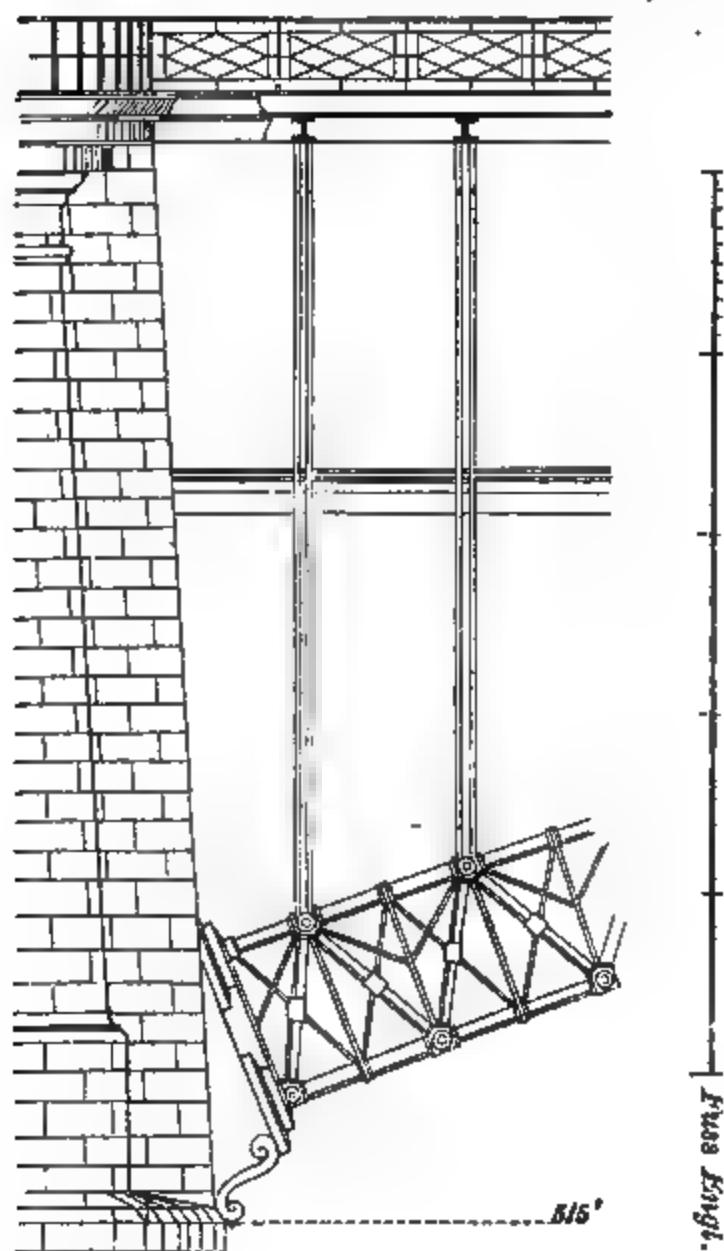


Fig. 1166 und 1167. Details zur Brücke über den Mississippi bei St. Louis.

Die untere Fahrbahn ist durch die vier Tragrippen der Brücke in drei Theile getheilt, wovon jeder der beiden äußeren ein Geleise für den Lokomotivbetrieb und der mittlere den Querverband der Brücke aufnimmt. Die Anordnung jener Tragrippe kommt derjenigen der stehenden Rheinbrücke in Koblenz sehr nahe, indem das für jeden Bogen erforderliche Material in eine obere und in eine untere

Gurtung aufgelöst ist, welche 2,44 (8' engl.) von einander abstehen und durch einen Dreiecksverband unter einander verbunden und versteift sind. Auf den, je 2,74 Mtr. (9' engl.) von einander abstehenden Knotenpunkten ruhen mittels eiserner Pfosten von kreuzförmigem Querschnitt beide Verkehrsbahnen. Sowol die obere als die untere Gurtung jeder Tragrippe wird aus zwei neben einander liegenden Gußstahlröhren von 22,5 Cmtr. (9" engl.) äußerem und von 15 (6" engl.) innerem Durchmesser bestehen, welche wieder aus Stahlstäben von 2,74 Mtr. (9' engl.) Länge zusammengesetzt sind, deren zehn, gleich den Dauben eines Fasses, den Umfang einer neunzölligen geschweißten Röhre von 0,625 Cmtr. ($\frac{1}{4}$ " engl.) Dicke bilden. Die Enden der so erzeugten, neunfüßigen Röhrenstücke werden durch wölbsteinartige Zwischenstücke verbunden, welche zugleich mit den erforderlichen Ansätzen zur Befestigung der reichlich angeordneten Kreuz- und Querverbände versehen sind. Außer dem doppelten Diagonalverbande zwischen den beiden Gurtungen eines jeden Tragbogens ist nach der Breite der Brücke ein vertikaler Kreuzverband, sowol zwischen den Bogen, als auch, soweit dies die Höhenlage der unteren Fahrbahn gestattet, zwischen den darauffstehenden vertikalen Pfosten durchgeführt. Im Scheitel der Bogen, wo die letztere angehängt ist, wird dieser Kreuzverband nur zwischen den beiden mittleren Tragrippen durchgeführt, während die äußeren Tragrippen dadurch die nöthige Versteifung erhalten, daß die die Fahrbahn tragenden Pfosten mit Gitterwerk versehen werden. Seitenversteifungen werden außer den Kreuzverbänden, welche sich zwischen den oberen und unteren Gurtungen der Tragrippen befinden, durch unter beiden Fahrbahnen angebrachte Diagonalverbände gebildet. An den Widerlagern, wo die Bogen breiter werden, um zugleich als Streben gegen Seitenschwankungen zu dienen, nehmen mächtige Unterlagsplatten deren Druck auf. Die durch Längenveränderungen in Folge von Temperaturwechsel in den Bogen entstehenden Maximalspannungen sind auf 640 Kg. p. □ Cmtr. (80 Cr. p. □" engl.), die Maximaldifferenz in der Höhenlage des Scheitels für den größten Bogen bei einer Temperaturdifferenz von — 28,75 bis 60° C. (— 23° bis + 48° R.) auf fast 40 Cmtr. (16" engl.) berechnet.

Die Fahrbahnen sind durch eiserne Querträger von 30 Cmtr. (12" engl.) Höhe gebildet, auf welchen 2,82 Mtr. (9' engl.) lange Streckhölzer ruhen und bei der Straßenbahn den Bohlenbelag, bei den Eisenbahnen die Querschwellen sammt den Geleisen aufnehmen.

Die Pfeiler werden im Kern aus einem magnesiashaltigen Kalkstein hergestellt, bis zum Hochwasserstand mit Granit, darüber mit Sandstein bekleidet und sollen da, wo sie das Widerlager der Gußstahlbogen bilden, eine durchgehende, 2,44 Mtr. (8' engl.) starke Granitschicht erhalten.

Was die Ausführung dieser Brücke, insbesondere deren Fundirung anlangt, so glaubte man den Sandpfeiler am westlichen Ufer, wo wie erwähnt der Felsen

4,57 Mtr. (15' engl.) hoch mit Sand bedeckt ist, durch einen etwa 7,62 Mtr. (25' engl.) tief unter dem Flußbette liegenden Pfahlrost zu sichern, während der Mittelpfeiler am östlichen Ufer, wo, wie gleichfalls erwähnt, der Felsen etwa 30,48 Mtr. (100' engl.) hoch mit Sand bedeckt ist, 24,08 Mtr. (79' engl.) unter der Flußsohle zu gründen war. Die Fundirung der Mittelpfeiler, wovon der östliche eine Höhe von 53,03 Mtr. (174' engl.) von dem Felsenbett bis zur unteren Fahrbahn, der westliche eine solche von 44,19 Mtr. (145' engl.) erhalten wird, soll innerhalb und im Schutze eines großen, aus mittels Winkel-eisen versteiften Eisenplatten konstruirten elliptischen Cylinders, der sich, um leichter in den Boden eindringen zu können, nach oben verjüngt, zunächst derart bewirkt werden, daß der Sand an der Baustelle mittels einer Dampfmaschine ausgebaggert und hierauf der Felsboden mit Béton eingeebnet wird. Ueber dieser Bétonsohle und innerhalb des eisernen Cylinders wurde ein schwimmendes, aus einem 0,61 Mtr. (2' engl.) dicken Boden von kalfaterten Hölzern und hölzernen Seitenwänden gebildetes Caisson gebracht, auf dessen Boden das Pfeilermauerwerk begonnen und hierbei das Gewicht desselben durch Aussparungen so regulirt wurde, daß der Auftrieb des Wassers dem allmählig zunehmenden Gewichte des Pfeilers fast gleichblieb. Indem man nun die Seitenwände des Caissons feinem, durch die successive Aufmauerung bewirkten, allmählichen Einsinken entsprechend erhöhte, wobei sich dieselben zugleich wirksam gegen das Pfeilermauerwerk abstützen ließen, bis der Caissonboden auf der Bétonlage ruhte und das Mauerwerk über Wasser reichte, wurden zuletzt die Aussparungen ausgemauert, worauf man das Caisson dem Zutritte des Wassers öffnete und dessen Seitentheile zur nochmaligen Verwendung von seinem Boden löste. Den eisernen Cylinder hoffte man bei dem westlichen Mittelpfeiler ganz, bei dem östlichen Mittelpfeiler wenigstens theilweise wieder herausziehen zu können.

Die Aufstellung der Bogen soll ohne Anwendung größerer Küstungen derart bewirkt werden, daß man, während der am Widerlager befestigte Bogen sich bis auf den vierten Theil frei trägt, den Rest des Bogens mit Hülfe von kleinen, auf den Pfeilern errichteten Thürmchen, von welchen aus man die einzelnen Bogenstücke an Drahtseilen hält und versetzt, zusammenfügt. Ist auf diese Weise eine Gurtung in deren Scheitel geschlossen, so soll sie als Stützpunkt zur Aufstellung der übrigen Theile der Rippe benutzt werden.

Die Kosten des ganzen Baues sind in runder Summe, wie folgt, veranschlagt:

für den Ueberbau der Brücke	1,460,000 Dollars,
„ „ Unterbau	1,540,000 „
„ die Auffahrten	520,000 „
„ den Tunnel	410,000 „

für Grunderwerb und sonstige Entschä-

digungen	540,000 Dollars,
„ die Bahnanlage	26,000 „

mithin in Summa zu 4,496,000 Dollars

oder rund $4\frac{1}{2}$ Million Dollars.

Am 25. Februar 1868 wurde, nach Beseitigung unerwarteter Schwierigkeiten bei Anlage des zugehörigen Fangdamms, wobei man drei, etwa 12' tief in Felsentrümmer eingebettete, versunkene Dampfschiffe und vier Barken aus seinem Inneren entfernen mußte, der erste Stein des westlichen Landpfeilers gelegt.

Zu den im dritten Kapitel sub III besprochenen schmiedeeisernen Stützbrücken sind ferner die aus breitbaugigen Schienen hergestellten, festen Bogenbrücken für kleine Spannweiten zu rechnen, deren Träger, wie Fig. 1168 bis 1171 zeigen, aus einer unteren, bogenförmigen Schiene *e* und einer oberen, jene

Fig. 1168.

Fig. 1169.

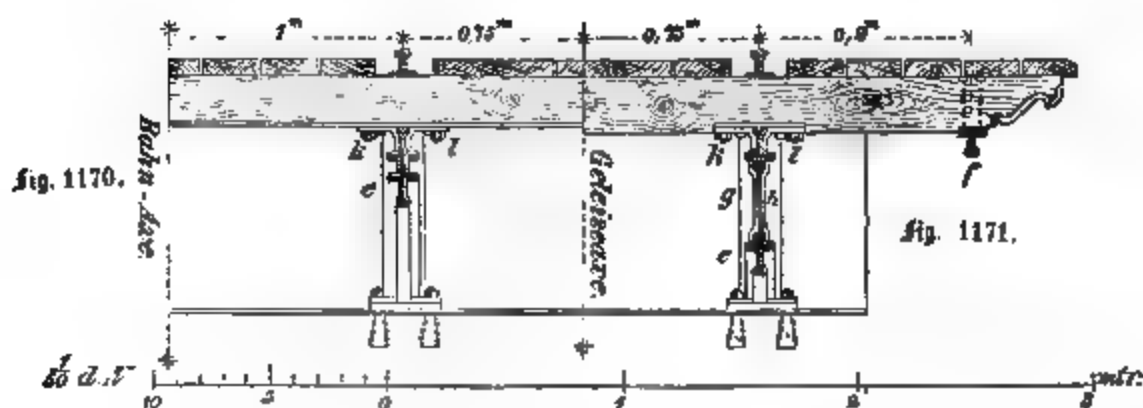


Fig 1168 bis 1171. Eisenbahn-Stützbrücke aus breitbaugigen Schienen.

tangirenden geraden Schiene *k* bestehen, die unter sich durch zwei entsprechend geformte, an den Widerlagern durch senkrechte Winkleisen *h* versteifte, Vertikalbleche *g* mittels vier Winkleisen verbunden sind. Die Befestigung dieser Tragrippen, welche direkt unter jedem Schienenstrange liegen, ist sowohl auf gußeisernen Unterlagsplatten durch je zwei, als an den senkrechten Wänden der Widerlager durch je vier Steinbolzen *i* bewirkt, während die das Fahrgeleise und einen Längsbohlenbelag aufnehmenden Querschwellen an die obere Schiene mittels besonderer, sich an sie anschließender und mit ihr vernieteter Laschen geschraubt sind.

Die äußersten, die Bankette aufnehmenden Enden der Querschwellen sind durch je eine verkehrt liegende Schiene unterstützt, mit deren Basis sie durch je zwei Schraubenbolzen verbunden sind.

Außer den vorbeschriebenen, einfachen Systemen von Brücken-Konstruktionen werden in der Gegenwart auch solche kombinirte Systeme zur Ausführung gebracht oder vorbereitet, welche als Verbindungen von Hängbrücken mit Fachwerkbrücken²⁴¹⁾ oder von Häng- und Stützbrücken zugleich mit Fachwerkbrücken zu betrachten sind. Unter die einfachste Kombination dieser Art gehört die in Fig. 1172 dargestellte Kombination der Häng- und Fachwerkbrücke, wobei die Tragkette und der Fachwerkträger so angeordnet sind, daß wo möglich jeder ihrer Konstruktionstheile, unter den für ihn ungünstigsten Umständen, das Maximum der für ihn zulässigen Spannung erreicht und wobei die Pfeilhöhe der Tragkette und die Höhe des Fachwerkträgers so bemessen werden, daß die durch die Belastung und Temperaturzunahme veranlaßte Einsenkung der Kette derjenigen Senkung des Fachwerkträgers entspricht, welche, da sich der Fachwerkträger bei Temperaturveränderungen nur horizontal verschiebt, durch die Belastung allein hervorgerufen wird.

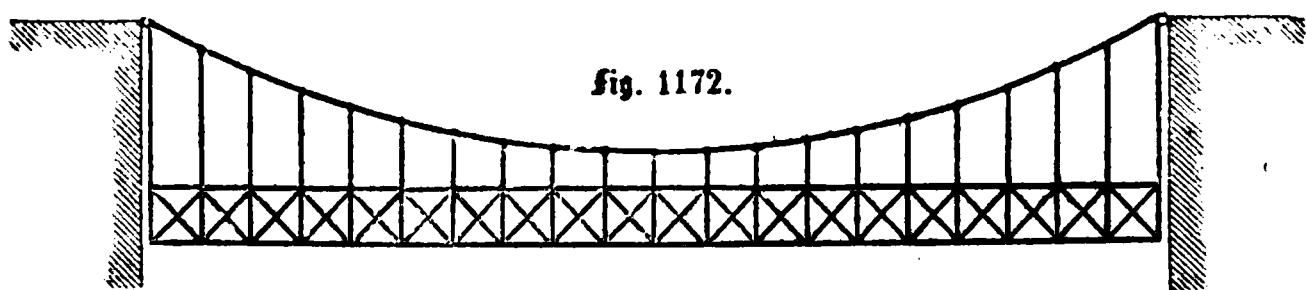


Fig. 1172. Träger einer Hängfachwerkbrücke.

Unter den kombinirten Brückenkonstruktionen, welche sich im Konstruktionsprinzip an die auf Seite 315 erwähnten Entwürfe von Brückenträgern mit gekrümmten, sich durchkreuzenden Rahmen anschließen, sind hier noch diejenigen zu erwähnen, welche John A. Röbling unter dem Namen Long and short span railway bridges für Spannweiten bis zu 182,88 Mtr. (600' engl.), insbesondere für die Ueberbrückung des Mississippi bei St. Louis bearbeitet und im Jahre 1869 in einem besondern Werke²⁴²⁾ unter dem Motto: »The greatest economy in Bridging can only be obtained by a judicious application of the Parabolic Truss« veröffentlicht hat. Das erste der genannten Projekte nimmt eine zweietagige Brücke mit einer oberen, für den Straßenverkehr und einer unteren, für den Eisenbahnverkehr bestimmten Fahrbahn mit einer Mittelöffnung von 182,88 Mtr. (600' engl.) und zwei Seitenöffnungen von je 128,02 Mtr. (420' engl.) in Aussicht, an welche sich auf beiden Seiten eine Reihe kleinerer Öffnungen von je 45,72 Mtr. (150' engl.) anschließen sollen. Während die letzteren mittels eiserner, durch Drahtseile unterstützter Fachwerkträger nach dem Systeme der, auf Seite 174 bis 178 beschriebenen und abgebildeten, Brücken über den Niagara und Ohio, überspannt er-

scheinen, sind für die erwähnten größeren Oeffnungen ähnliche Fachwerkträger projektirt, welche durch Träger mit parabolisch gekrümmten, sich in der Mittelloffnung zweimal, in den beiden Seitenöffnungen je einmal durchkreuzenden Rahmen unterstützt sind. Während die Zuggurtungen dieser Träger aus mächtigen Drahtseilen bestehen, ist die Druckgurtung derselben aus zwei Theilen mit je 6, im Querschnitt U-förmigen Walzeisenstäben zusammengesetzt, zwischen welchen jene Drahtseile an den Kreuzungspunkten hindurchgehen. Ueber den Pfeilern sind jene Druckgurtungen durch ein, ihrer Form und Zusammensetzung entsprechendes, horizontales Verbindungsglied vereinigt, welches auf einer gußeisernen Fußplatte ruht, die zugleich einen schmiedeeisernen Pfeileraufsatz sammt dem darauf ruhenden und befestigten Kabelsattel aufnimmt, in welchem das Kabel fest eingelagert gedacht ist. Die bei Temperaturveränderungen erforderliche Verschiebung der, auf diese Weise fest verbundenen, Trägerenden wäre durch ein System zahlreicher kleiner Walzen ermöglicht worden, welche unter jener Fußplatte und über einer mit dem Mauerwerke des massiven Pfeilerunterfasses verankerten gußeisernen Lagerplatte wälzen sollten, so daß jener ganze Pfeileraufsatz mit Kabelsattel und Fußplatte als ein mächtiger Rollenstuhl fungirt haben würde. Ueber den zwischen den Seiten- und jenen kleineren Oeffnungen gelegenen Pfeilern sollten die Druckgurtungen sich gegen gußeiserne, mit konischen, den einzelnen Rippen der Kabel entsprechenden, Löchern versehene Platten stemmen, in welchen die, am Ende durch Keile konisch erweiterten, Rippen festgehalten worden wären. Die beiden über einander befindlichen Verkehrsbahnen der Brücke sollten durch vier solche Träger, wovon zwei in deren Mitte und zwei zu deren beiden Seiten vorgesehen wurden, getragen und hierdurch in zwei Theile getheilt werden, wovon jeder Theil der unteren Verkehrsbahn ein Eisenbahngleise, jeder Theil der oberen Verkehrsbahn eine Fahrbahn mit einem Straßeneisenbahngleise für Fuhrwerk und einem außenliegenden Bankett erhalten sollte. Diese, ähnlich wie bei der erwähnten Niagarabrücke, durch Fachwerkträger unter einander verbundenen Verkehrsbahnen sollten theils mittels walzeiserner Hängstangen an die Tragkabel angehängen, theils mittels doppelter, zwischen den oben erwähnten, je sechs im Querschnitt U-förmigen Stäben der Druckgurtung befestigter, Vertikalstäbe gestützt werden. Zur Vermehrung der durch das Fachwerk bewirkten Versteifung der Verkehrsbahnen sollte die obere Fahrbahn in den, zwischen ihr und den Tragkabeln befindlichen, Bogenzwickeln durch fächerartig angeordnete Zugstangen an den Kabelsätteln aufgehängt, die erforderliche Windversteifung mittels wagerecht liegender, parabolischer, sich ähnlich wie bei den Vertikalträgern durchkreuzender Windketten bewirkt werden.

Außer den früher beschriebenen Methoden der Pfeilergründung ist hier noch diejenige zu erwähnen, welche Leslie, ein Schüler Brunel's, bei Fundation der Eisenbahnbrücke über den Goraie-Fluß in Ostindien²⁴³⁾ mit

sieben Stromöffnungen von je 56,39 Mtr. (185' engl.) angewandt hat, um deren Pfeiler, welche bei der bedeutenden Wassertiefe des Flusses, die überdies von 15,24 Mtr. (50' engl.) in der trockenen Jahreszeit, bis zu 27,48 Mtr. (90' engl.) bei Hochwasser steigt, und bei dem beweglichen Flußbette eine Gesammthöhe von 39,62 Mtr. (130' engl.) und darüber haben, auf möglichst ökonomische Weise einen festen und dauerhaften Stand zu verschaffen. Die aus einem oberen, 3,05 Mtr. (10' engl.) Durchmesser haltenden, gußeisernen und einem unteren, 9,29 Mtr. (30' 6" engl.) hohen, schmiedeisernen Cylinder von 4,27 Mtr. (14' engl.) Durchmesser bestehenden Pfeiler wurden zwischen zwei Pontons versenkt und bis sie das Flußbett erreichten, durch einen 2,74 Mtr. (9' engl.) über ihrem unteren Rande angebrachten, aus keilförmigen Holzstücken bestehenden, wasserdichten Boden schwimmend erhalten. Die zu ihrer Versenkung erforderliche Belastung bestand in einer 0,61 Mtr. (2' engl.) starken Ausmauerung an der Mantelfläche, wobei in der Mitte ein 3,05 Mtr. (10' engl.) weiter, cylindrischer Raum frei blieb. Sobald ein solcher Cylinder auf dem Flußbett aufstand, wurde mittels einer, an einem Tau aufgehängten und öfter heftig aufgestoßenen, Schiene ein Keil des erwähnten Bodens herausgestoßen, worauf alle übrigen den Schluß verloren und von dem eindringenden Wasser an dessen Oberfläche gehoben wurden. Zur weiteren Einsenkung durch Aushebung und Beseitigung des Baugrundes aus dem Inneren des Cylinders diente ein 32,5 Cmtr. (13" engl.) weites, in der Axe desselben drehbar befestigtes, aus 2,74 Mtr. (9' engl.) langen Stücken zusammengesetztes und mit einem 65 Cmtr. (26" engl.) weiten Mantel umgebenes Rohr, welches durch die, zwischen ihm und diesem Mantel hermetisch eingeschlossene, Luft in dem Wasser schwimmend erhalten wurde und 0,61 Mtr. (2' engl.) über seinem unteren Rande eine Scheibe trug, woran vier dreieckige eiserne Schaufeln zur Auflockerung des Bodens beim Drehen des Rohres befestigt waren. Zur Beseitigung des auf diese Weise aufgelockerten und im Wasser suspendirten Bodens diente ein 30 Cmtr. (12" engl.) weiter Heber, dessen einer Schenkel in dem Rohre stand und dessen anderer Schenkel in das, den Cylinder umgebende, Wasser des Flusses hineinreichte. Hierauf wurde mittels einer, auf einem der beiden Pontons stehenden, Hochdruckmaschine von 20 Pferdekraft aus dem Flusse fortwährend Wasser in den Cylinder gepumpt, um den inneren Wasserstand stets auf 0,91 bis 1,82 Mtr. (3 bis 6' engl.) über dem äußeren zu erhalten, worauf der Heber, einmal in Thätigkeit gesetzt, den durch seine Schaufeln aufgelockerten Boden emporzog und in den Fluß abfließ ließ, während der Cylinder nach und nach, bei einigen Pfeilern bis zu 22,86 Mtr. (75' engl.), in das Flußbett einsank.

Historische Gesamtergebnisse

für die Anordnung der Brückenkonstruktionen der Gegenwart und der nächsten Zukunft.

Unterscheiden wir bei der Zusammenstellung der historischen Gesamtergebnisse für die Anwendung und den Bau eiserner Brücken wieder die Träger, Pfeiler und Fundamente derselben, so ergibt sich aus den auf Seite 110 für die gußeisernen Sprengwerkträger,

"	"	120	"	"	gußeisernen Barrenträger,
"	"	168	"	"	gemischteisernen Balkenträger,
"	"	210	"	"	schmiedeisernen Hängbrückenträger,
"	"	324	"	"	schmiedeisernen Balkenträger,
"	"	354	"	"	schmiedeisernen Bogenträger

gezogenen historischen Einzelergebnissen für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der eisernen Träger zunächst, daß unter den gußeisernen Brückenträgern nur noch die Bogenträger aus zusammengeschaubten, mit Flanschen versehenen Segmentplatten und gußeisernen, mit ihnen und unter einander verschraubten Bogenschenkelausfüllungen in Anwendung kommen, welche in neuester Zeit, zur Unterstützung der Verkehrsbahn von Straßenbrücken, Ziegelgewölbe oder gewölbte Gußplatten, zur Unterstützung der Geleise von Eisenbahnbrücken, Querschwellen oder zur Unterstützung des Schwellenbettes von Eisenbahnbrücken gewölbte Gußplatten aufnehmen, während die gemischteisernen Träger, wenigstens auf dem Kontinent, aus den früher angegebenen Gründen, mehr und mehr verlassen werden.

Dagegen erscheinen die schmiedeisernen Träger, sowol für Häng- und Stützbrücken, als namentlich für Balkenbrücken mit diskontinuierlichen und kontinuierlichen Trägern ohne und mit Kombination als die eigentlich zeitgemäßen Konstruktionen der Gegenwart. Unter den Hängbrücken, welche hauptsächlich für Straßenverkehr und nur vereinzelt für Eisenbahnverkehr Anwendung finden, zeigen die neuesten versteifte Tragwände ohne und mit Scharnieren an den Aufhängepunkten und in dem Scheitel, worunter die letzteren die genauere statische Berechnung, mithin die rationellere Konstruktion zulassen. Bei den Stützbrücken werden den Bogenträgern entweder versteifte Tragwände oder besondere, hinreichend versteifte Bogenrippen mit Vertikalständern in den Bogenzwickeln gegeben, in welchem Falle diese versteiften Tragrippen bei kleineren Spannweiten mit den Widerlagern fest verbunden, bei größeren Spannweiten Scharniere an den Stützpunkten ohne oder mit Anwendung von Scharnieren im Scheitel erhalten

und sowohl für Straßen- als für Eisenbahnbrücken angewendet werden. Die ungleich ausgedehntere Anwendung finden die schmiedeeisernen Balkenbrücken, unter welchen wir vorzugsweise die Parallelträger mit weiten Maschen und mit, ihrer Anspruchnahme entsprechend, theils steif, theils flach profilirten Stäben in ein- oder mehrfachem System, ohne oder mit Vernietung an ihren Durchkreuzungsstellen und die Bogenbalkenträger mit einem oder mit zwei gekrümmten Rahmen angewendet finden. Die Systemform des Parallelträgers erscheint hierbei als eine nicht statisch abgeleitete, sondern von vornherein zu Grunde gelegte, während die Anspruchnahme ihrer Theile mit Berücksichtigung dieser willkürlich gewählten Systemform und der sie angreifenden totalen und einseitigen Belastungen statisch zu bestimmen ist. Wegen der großen statischen Empfindlichkeit der kontinuierlichen Parallelbalkenbrücken bei ungenauer Ausführung oder nachträglicher geringer Veränderung der Höhenlage der Stützpunkte durch eine oft schwer zu vermeidende Setzung oder Senkung der Pfeiler erhalten diejenigen mit zwei Stützpunkten, bei welchen jene Empfindlichkeit wegfällt, mehr und mehr den Vorzug. Die den Bogenbalkenträgern zu Grunde gelegten Systemformen entsprechen den ihren einzelnen Systemgliedern bei gewissen Belastungszuständen zufallenden Anspruchnahmen oder zugeordneten Widerstandsfähigkeiten. Die hierbei gestellte praktische Forderung der alleinigen Uebertragung der gleichförmig über die Brückenbahn vertheilten größten Verkehrsbelastung durch die bogenförmigen Rahmen, während die Spannung der Diagonalen verschwindet, bedingt den Parabelträger, während die Forderung, daß die bei der Maximalbelastung der Brücke eintretende Spannung in dem gekrümmten Rahmen nach der ganzen Länge der Deffnung konstant bleibt, den Pauli'schen, und die Forderung, die Diagonalen bei allen, auch den größten einseitigen Belastungen stets nur auf Zug in Anspruch genommen werden oder höchstens die Minimalspannung Null annehmen, den Schwedler'schen Träger hervorgerufen und in die Praxis der Gegenwart eingeführt hat. Die Mehrzahl der Bogenbalkenbrücken zeigt nur einen gekrümmten und einen geraden, in der Brückenbahn liegenden und zugleich zur Konstruktion der Fahrbahn benutzten Rahmen, während bei zwei gekrümmten Rahmen die ganze Fahrbahnkonstruktion besonders zu beschaffen ist.

Außer diesen abgesetzten Balkenträgern mit bogenförmigen Rahmen haben sich namhafte Brückeningenieure der Gegenwart auch den kontinuierlichen Trägern dieser Gattung mit sich durchkreuzenden Rahmen zugewendet und wenn auch der Anwendung dieser Konstruktion, wie jener der kontinuierlichen Parallelträger, vorläufig das Bedenken ihrer Empfindlichkeit gegen unabsichtliche Veränderungen in der Höhenlage ihrer Stützpunkte entgegensteht, so dürfte doch bei günstigen Bodenverhältnissen und soliden Fundamenten, sowie bei Anwen-

dung eines festen, unzusammendrückbaren Bindematerials der Pfeiler in der Zukunft mit Glück versucht werden, die von dieser Systemform gebotene Möglichkeit der Ueberspannung weit größerer Oeffnungen zum Vortheile der Brückenbaupraxis auszubenten.

Unter den kombinirten Brückensystemen sind die durch Hängträger unterstützten Fachwerkträger als die bis jetzt am meisten zur Ausführung gelangten anzusehen und wenn uns auch über den Antheil, welchen jede dieser kombinirten Konstruktionen an der Uebertragung der angreifenden Kräfte auf die festen Stützpunkte nimmt, ein theoretisch scharfes Urtheil und darauf gegründetes exaktes Berechnen und Dimensioniren bis jetzt in dem Grade nicht zusteht, wie bei den einfachen, nicht kombinirten Systemen, so zeigen sich doch auch hier die Bestrebungen, von der mehr oder minder empirischen Verbindung zweier Konstruktionssysteme zu der rationellen Durchbildung ihrer Gesamtsform und Formgebung ihrer einzelnen Theile überzugehen.

Neben und in Folge der statischen Herrschaft, welche dem Ingenieur der Gegenwart die Systemform, die Form und Stärke der einzelnen Glieder, sowie die Anordnung und Abmessung der Verbindungsstücke der verschiedensten Brückenkonstruktionen exakt zu bestimmen und mit Hülfe einer technisch hochentwickelten Eisenindustrie auszuführen gestattet, zeigen manche der neuesten Brückenbauten und Entwürfe das Bestreben auch nach einer ästhetisch richtigen Wahl ihrer Form im Ganzen, sowie in ihren einzelnen Theilen. Kennzeichnet in ersterer Beziehung die Form der Hängebrücken, Stützbrücken und Bogenbalkenbrücken mit ihren gekrümmten Rahmen als den, ihre Belastungen auf die festen Stützpunkte stetig übertragenden, Theilen diese statische Funktion für das Auge des unbefangenen Beschauers vorzugsweise, so fehlt es doch auch nicht an Bestrebungen, den Parallelträger mit seiner zickzackförmigen, dem Laien schwer verständlichen, Uebertragungsweise durch eine derselben entsprechende Form und Abmessung seiner Theile ästhetisch durchzubilden. Darf wegen einer solchen geschickten, der statischen Funktion entsprechenden Durchbildung der einzelnen Systemglieder, insbesondere der cylindrischen Form ihrer gedrückten Gurtungen und Vertikalstäbe, sowie wegen ihrer flachen, den wachsenden Zugspannungen entsprechend an Breite zunehmenden, Zugbändern z. B. auf die von Seite 299 bis 301 beschriebene und abgebildete Eisenbahnbrücke über den Donaukanal zwischen Wien und Stadtlau hingewiesen werden, so können, wegen der kühn geschwungenen, lastübertragenden Bogen ihrer Träger, die von Seite 343 bis 347 beschriebene und abgebildete Brücke über den Rhein bei Coblenz, sowie die auf Seite 487 und 488 beschriebene und abgebildete Brücke über die Elbe bei Hamburg als Beispiele für eine glücklich gewählte Systemform gelten. Unter den kombinirten Systemen bieten die an Drahtkabeln aufgehängenen Fachwerkträger John A. Röbling's, wie die auf

Seite 174 bis 176 und Seite 176 bis 178 beschriebenen und abgebildeten Brücken über den Niagara und über den Ohio bei Cincinnati, sowie die von demselben gefertigten, auf Seite 496 und 497 beschriebenen Entwürfe zu einer Brücke über den Mississippi bei St. Louis, bei einer gewissen Unbeholfenheit in der Durchbildung der Einzelform, Beispiele einer, in ästhetischer Beziehung ebenfalls glücklich gewählten, Gesamtform dar.

Außer der, noch in der Gegenwart stattfindenden, Anwendung des Gußeisens zu bogenförmigen Tragrippen und der so ausgedehnten Verbreitung des Walzeisens zu Brückenträgern gewahren wir doch auch die Anwendung des Stahles in geschmiedetem Zustande zu Tragketten, wie bei der auf Seite 197 erwähnten, von Mitis erbauten, im Jahre 1828 eröffneten Karlsbrücke über den Donaufanal in Wien ¹⁰²⁾, als Rудdelstahl, wie bei der im Jahre 1866 in der Nähe von Trollhätta erbauten, 42 Mtr. weiten Brücke über den Götha-Elf auf der Zweigbahn der Gothenburg-Stocholmer Bahn nach Uddevalla, und als Gußstahl bei der auf Seite 493 bis 498 beschriebenen und abgebildeten Brücke über den Mississippi bei St. Louis. In der That verdient der, auf Seite 66 bis 82 hinsichtlich seiner Eigenschaften betrachtete, Stahl vermöge seiner mannichfaltigen Verarbeitungsfähigkeit zu gewalzten und gegossenen Konstruktionstheilen sowol in seiner Verarbeitung zu Draht, als zu Stäben und Platten, sowie wegen seiner bedeutend billiger gewordenen Fabrikation als ein Material, welches bei einer, diejenige des Schmiedeisens fast um das Doppelte übertreffenden, Zug- und Druckfestigkeit bei fast gleichem spezifischen Gewichte und etwa gleich großem Widerstande gegen Formveränderung durch angreifende Kräfte, sowie bei relativ geringerer Ausdehnung durch die Wärme gegenwärtig in hohem Grade die Beachtung der Brückenkonstruktoren in allen den Fällen, wo es sich um die Ueberbrückung sehr weiter Oeffnungen und, bei nicht sehr festem Baugrunde oder unzugänglichen Flußbetten, um die Anwendung möglichst leichter und leicht aufzustellender Brückenträger handelt.

Als eine wichtige, immer allgemeiner werdende Vorsichtsmaßregel vor Aufstellung eiserner Brückenträger erscheint sowol die, auf Seite 79 bis 82 besprochene, Prüfung sämtlicher zu verwendender Eisentheile, als auch die, auf Seite 82 bis 83 und Seite 326 betonte und erörterte, Anwendung von geeigneten Schutzmitteln gegen das Rosten, welches selbst trotz Beobachtung der größten Vorsicht bei Verarbeitung und Unterhaltung der Eisentheile in einer uns mehr oder minder fern liegenden Zeit den Bestand unkonservirter und nicht sorgfältig unterhaltener Eisenkonstruktionen gefährden wird. Da, nach Seite 68, die Oxydation des Eisens um so leichter erfolgt, je reiner es ist, so ist gerade das Schmiedeisen, als die kohlenstoffärmste Gattung desselben, mit besonderer Vorsicht zu behandeln, während der Stahl als eine kohlenstoffrei-

chere Eisenverbindung auch in Bezug auf seine größere Widerstandsfähigkeit gegen Oxidation den Vorzug vor dem Schmiedeeisen verdient.

Aus den, auf Seite 418 zusammengestellten, historischen Ergebnissen für die Anwendung und Anordnung eiserner Brückenpfeiler ergibt sich, daß man in der Gegenwart den rationellen, im Querschnitt rechteckigen und im Inneren hohlen Pfeilerkörpern den Vorzug vor den im Querschnitt runden, sechs- oder achteckigen und im Inneren mit einem Kern versehenen giebt, auch die vollen oder wenig durchbrochenen Wandungen zum Zweck einer vortheilhafteren Materialvertheilung in stabartige Glieder nach dem Systeme des Fachwerks auflöst, im Uebrigen aber noch — das vereinzelte Beispiel des, auf Seite 401 bis 406 hinsichtlich seiner Pfeiler beschriebenen und abgebildeten, Crumlin-Biadukts bei Newport in South-Wales, welcher einen dreieckigen Pfeileraufsatz besitzt, woran die Träger hängen, ausgenommen — die Form einer abgestumpften Pyramide mit geraden Kanten beibehält. Während es an hölzernen Biadukt-Pfeilern, welche nach oben in eine stumpfe Schneide auslaufen und wovon der ausgeführte St. German's-Biadukt²⁴⁴) in der Cornish-Eisenbahn ein Beispiel giebt, nicht fehlt, so bleibt doch die Ausführung solcher Pfeiler in Eisen der Zukunft vorbehalten, deren Grundform, wie bei den Holzpfeilern jenes Biadukts, einen auf seinem Rücken stehenden Keil mit nach oben konvergirenden Kanten bildet, deren Wandungen aus Ecksäulen mit wagerechten und diagonalen Verbindungen bestehen und deren Kanten entweder wie dort gerade, oder, der Pressung starker, nach deren Höhe gleichförmig vertheilter Winde entsprechend, selbst etwas nach außen, und zwar nach der Form einer flachen Parabel, gebogen sind.

Wie die, aus der Betrachtung der neueren Gründungsmethoden gewonnenen, auf Seite 477 und 478 mitgetheilten historischen Ergebnisse zeigen, ist es, außer den alten Gründungsverfahren, besonders die Foundation mit Anwendung eiserner, versenkter, nach der Versenkung mit Beton ausgefüllter Umschließungen, ferner die Versenkung eiserner, durch den Druck komprimirter Luft von Wasser entleerten Cylindern oder an Ketten aufgehängter Arbeitskammern, welche erstere nach ihrer Versenkung ausgemauert oder mit Beton gefüllt werden, während man auf letztere die Pfeiler allmählig aufmauert, und endlich die Versenkung mächtiger Brunnen ohne oder mit Anwendung von komprimirter Luft, aus deren Innerem im ersteren Falle der Grund ohne Beseitigung des Wassers mittels Baggerapparaten gefördert, im letzteren Falle nach Auspressung des Wassers der Boden durch gewöhnliche Handarbeit gewonnen und ausgeschleust wird. Obwol diese Methoden, den früheren gegenüber, einen bedeutenden Fortschritt in der technischen Anordnung und Ausführung der Gründungen bekunden, so erscheinen doch diejenigen Methoden, welche wie die auf Seite 493 und 497 beschriebenen Gründungen der Brücke über den Mississippi

bei St. Louis und über den Goraiesfluß in Ostindien mit sinnreicher Benutzung mechanischer und natürlicher Kräfte die obwaltenden lokalen Schwierigkeiten in verhältnißmäßig noch einfacherer Weise überwinden, in technischer Beziehung sehr beachtenswerth.

So bildet bei der Gründung der St. Louisbrücke die Versenkung des Pfeilermauerwerkes innerhalb eines hölzernen, wasserdichten Caissons, welcher durch die fortgesetzte Hintermauerung seiner allmählig erhöhten Wandungen zwar gesenkt, aber durch eine vorsichtige Aussparung des Mauerwerkes derart schwimmend erhalten wurde, daß an seinem oberen Theile stets gemauert werden konnte, eine sinnreiche Verwerthung der bekannten Thatsache, daß der eingetauchte Körper vom Wasser getragen wird, sobald sein eigenes das Gewicht des von ihm verdrängten Wassers nicht übertrifft, und dürfte die Regulirung des Caissons durch Ketten, welche z. B. bei der Gründung der Kehl-Strasbourgbrücke u. A. einen guten Theil des Gewichtes der Pfeiler, bevor diese das Flußbett erreicht hatten, aufnehmen mußten, wesentlich erleichtern. Die von Leslie bei der Goraiebrücke angewandte Auflockerungsmethode des Bodens durch eine, mittels eines Luftmantels schwimmend erhaltene und von oben in Bewegung gesetzte, rotirende Erdschaufel sammt der, die aufgelockerten, im Wasser suspendirten Bodentheile auffaugenden und in das Flußbett ableitenden Heberrohre, während im Inneren der Röhre ein über denjenigen des Flußbettes erhöhter Wasserstand durch Einpumpen von Flußwasser erhalten wurde, ist zwar nur bei weichen Bodengattungen und unter Wegfall besonderer, die Bodenförderung störender Hemmnisse anwendbar, verdient aber in diesem Falle wegen der leicht herzustellenden mechanischen Operation und sinnreichen Benutzung des Luftdrucks, statt der, im Freien oder in einem, mit comprimierter Luft gefüllten Arbeitsraum durch Handarbeit bewirkten, Bodenförderung, diesen komplizirteren Methoden der Ausgrabung und Durchschleusung vorgezogen zu werden. Obwol die Boden- und Wasserverhältnisse der Brückenbaustelle stets das in jedem konkreten Falle vortheilhafteste Gründungsverfahren bedingen, so erwächst doch hieraus für die Gegenwart und Zukunft andererseits die Aufgabe, die verschiedenen Fundationsmethoden unter Benutzung der einfachsten Mechanismen, und der disponiblen Naturkräfte, insbesondere der tragenden und strömenden Kraft des Wassers, des Drucks der atmosphärischen Luft und der Schwerkraft, mehr und mehr zu vereinfachen und ihnen dadurch einen noch höheren Grad der technischen und ökonomischen Vollkommenheit zu geben.

Ende der zweiten Abtheilung.

Literaturnachweise und Anmerkungen.

Erste Abtheilung.

Die Baumaterialien der eisernen Brücken.

1. Vergl. Gauthey, Traité de la construction des ponts. Paris 1809 u. 1813, II. pag. 113.
2. Vergl. Bolley, Handbuch d. chem. Technologie. Braunschweig 1863. VII. S. 280.
3. Vergl. Zeitschrift d. Ber. deutscher Ing. Berlin 1867. Bd. XI. S. 344, sowie Dingler, Polyt. Journal. Bd. 185. S. 81.
4. Vergl. Wiebe, Handbuch der Maschinenkunde, Stuttgart 1858. I. 1. S. 73.
5. Vergl. Bolley, Handbuch d. chem. Technologie. Braunschweig 1868. VII. S. 523.
6. Vergl. Wiebe, a. a. D. S. 98 ff.
7. Vergl. Zeitschrift d. Arch.- u. Ing.-Ver. f. Hannover 1867. S. 371 ff.
8. Vergl. Dingler, Polyt. Journal. Bd. 186. S. 117.
9. A. a. D. S. 110.
10. Vergl. Wiebe, a. a. D. S. 107 ff.
11. Vergl. Rarmarsch, Handbuch d. mech. Technologie. Hannover 1857. S. 239 ff.
12. Vergl. F. Fink, der Bau Schlosser. Leipzig, Verlag v. D. Spamer. 1868.
13. Vergl. Rarmarsch, a. a. D. S. 225 ff.
14. Vergl. Heinzerling, Die angreifenden und widerstehenden Kräfte der Brücken- u. Hochbaukonstruktionen. Berlin 1867. S. 53 ff.
15. A. a. D. S. 54.
16. A. a. D. S. 78 ff.
17. Vergl. Wiebe, a. a. D. S. 146.
18. Vergl. Heinzerling, a. a. D. S. 50.
19. Vergl. Polyt. Centralblatt 1866. S. 92.
20. Vergl. Sitzungsber. d. Ber. deutscher Arch. u. Ing. in Hannover. Hannover 1863. S. 112.
21. Vergl. die Eisenbahnbrücke ü. d. Rhein bei Mainz. Mainz 1863. S. 26.

Zweite Abtheilung.

Die Geschichte und Beschreibung der eisernen Brücken.

Erster Abschnitt.

Die Träger der eisernen Brücken.

Erstes Kapitel. Die gußeisernen Brücken.

22. Vergl. Gauthey, Traité de la construction des ponts. Paris 1809 u. 1813. II. pag. 113 u. Taf. V. Fig. 1.
23. A. a. D. S. 116.
24. A. a. D. S. 117. Taf. V. Fig. 4—6.
25. Gauthey, Traité de la construction des ponts. Paris 1809 et 1813, II. pag. 120. Taf. VI. Fig. 1—3.

26. Vergl. u. A. J o b l, Vorlegeblätter für Straßen- u. Brückenbau. Berlin bei Grieben. Taf. XXVI., u. S c h w a r z, d. Brückenbau. Berlin 1866. Taf. III. 24. Fig. 355.
27. Vergl. M ü l l e r, die Brückenbaukunde. Leipzig 1860. IV. S. 28, u. Fig. 658.
28. A. a. D. IV. S. 31, u. Fig. 676—678.
29. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1852. S. 172, u. Taf. 480.
30. Vergl. H u m b e r, A complete treatise on cast an wrought iron-bridge construction. London 1864. S. 166 u. Taf. I bis XV.
31. Vergl. G a u t h e y, a. a. D. S. 118 u. Taf. VI. Fig. 12—14.
32. Vergl. M ü l l e r, Brückenbaukunde. Leipzig 1860. IV. S. 19 u. Fig. 620—621.
33. A. a. D. IV. S. 31 u. Fig. 653.
34. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1837. S. 219 u. Taf. 135, oder M ü l l e r, Brückenbaukunde. Leipzig 1860. IV. S. 35.
35. Vergl. Bauausführungen d. Preuß. Staats, III. Ffg. u. Allg. Bauztg. Wien 1837. S. 59.
36. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1838. S. 403 u. Taf. 242.
37. A. a. D. Wien 1849. S. 320 u. Taf. 300.
38. Vergl. B e c k e r, die gußeisernen Brücken d. bad. Eisenbahn. Karlsruhe 1847, oder Bauernfeind, Vorlegeblätter zur Brückenbaukunde. München 1854. Taf. 34 u. 35.
39. Vergl. G a u t h e y, a. a. D. S. 121 u. Taf. VI. Fig. 4 u. 5.
40. A. a. D. S. 122 u. Taf. VI. Fig. 9—11.
41. A. a. D. S. 124 u. Taf. VI. Fig. 6—8.
42. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1838. S. 285 u. Taf. 224—226, oder Bauernfeind, a. a. D. Taf. 36—39.
43. Vergl. Perdonnet et Polonceau, Nouveau Portefeuille de l'Ingenieur des chemins de fer, Paris 1868, texte. pag. 271.
44. Vergl. Annales des ponts et chaussées 1863, oder Zeitschrift d. österr. Ingenieur-Vereins. Wien 1865. S. 3 ff.
45. Vergl. Die badische Eisenbahn I. Taf. 11.
46. A. a. D. Taf. 10.
47. A. a. D. Taf. 12.
48. Siehe die Ueberdruckzeichnungen der Main-Wefer-Bahn.
49. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1846. S. 275, u. Taf. 58.
50. Siehe die Ueberdruckzeichnungen der Main-Wefer-Bahn.
51. Vergl. Die bad. Eisenbahn. I. Taf. 19.
52. Vergl. G a u t h e y, a. a. D. S. 116.
53. Vergl. S i m m s, The public Works of Great-Britain, oder auch Allg. Bauztg. Wien 1838. S. 205 ff. u. Taf. 211.
54. Vergl. B e c k e r, der Brückenbau. S. 126, u. Taf. XVI. Fig. 21 u. 22.
55. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1846. S. 226, Taf. 50 u. 51.
56. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1838. S. 400 u. Taf. 242.
57. Vergl. die badische Eisenbahn. I. Taf. 15.
58. A. a. D. Taf. 9.
59. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1848. S. 138 u. Taf. 187.
60. A. a. D. S. 139 u. Taf. 188.

Zweites Kapitel. Die gemischteisernen Brücken.

61. S. Allg. Bauztg. Wien 1852. S. 166 ff.
62. A. a. D. S. 169 ff.
63. S. Allg. Bauztg. Wien 1848. S. 182 ff.
64. Vergl. Annales des travaux publics de Belgique. 1853/54. Tome XII.
65. Vergl. Molinos et Pronnier, Traité de la construction des ponts metalliques. Paris 1857. pag. 332 ff.
66. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1858. S. 232 ff.

67. S. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1852. S. 397 ff.
68. S. Rebhann, Theorie der Holz- und Eisenkonstruktionen. Wien 1855. S. 526.
69. S. Klein, Sammlung eiserner Brückenkonstruktionen. Stuttgart 1863. S. 10 ff.
70. S. deutsche Bauzeitung. Berlin 1868. S. 145.
71. Suspension bridge. Specification of a Patent for a suspension bridge, granted to Lt. Col. S. H. Long in 1839.
72. Description of Col. Long's bridges. Philadelphia 1841.
73. S. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1862. S. 217.
74. A. a. D. S. 217 und 218.
75. S. Allg. Bauztg. 1852. S. 188 ff.
76. S. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1862. S. 218.
77. S. Allg. Bauztg. 1852. S. 188 ff.
78. S. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1862. S. 219.
79. A. a. D.
80. S. Allg. Bauztg. Wien 1859, S. 189, und Zeitschrift f. Baum. Berlin 1853. S. 429 u. 1862. S. 220.
81. S. Zeitschrift f. Baugewerbe. Darmstadt 1865. S. 98 ff.
82. S. Allg. Bauztg. Wien 1852, S. 206, und Zeitschrift f. Baum. Berlin 1862. S. 218 ff.

Drittes Kapitel. Die schmiedeisernen Brücken.

I. Die schmiedeisernen Hängbrücken.

83. Vergl. Zeitschrift f. Bauwesen. 1857. S. 226.
84. Fausti Verentii Siceni machinae novae.
85. China illustrata. Edit Amstelod. 1667. V. Cap. I. pag. 215.
86. Baubauwerke aller Völker der Erde. Brüssel 1848. 1849. I. Bd.
87. Vergl. Zeitschrift f. Baum. 1857. S. 227.
88. Cordier, histoire de la navigation intérieure etc., übersetzt von Philipps, 2 Bde. Paris 1819 u. 1820.
89. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1852. S. 208 ff.
90. A. a. D. S. 215 ff.
91. Vergl. Papers and practical illustrations of public works of recent construction both british and american. London 1856, auch: Sammlung eiserner Brückenkonstruktionen. Stuttgart 1860. S. 58 ff.
92. Vergl. Zeitschrift f. Bauwesen. 1868. S. 499.
93. Vergl. Rondelet, l'art de bâtir. Taf. 162, u. zugehöriger Text.
94. Vergl. v. Gerstner, Handbuch d. Mechanik. Bd. I. Prag 1831.
95. Vergl. v. Gerstner u. Navier, a. a. D.
96. Vergl. Allg. Bauztg. 1853 S. 335 ff. Wenige Jahre nach ihrer Vollendung wurde sie nach Bristol versetzt, wo sie den Namen Clifton-Hängebrücke erhielt, während ihre Pfeiler in der Themse stehen blieben und gegenwärtig die Träger der Charing-Groß-Eisenbahnbrücke unterstützen.
97. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1866. S. 432 ff.
98. Vergl. Navier, Rapport et mémoire sur les ponts suspendus. Paris 1823.
99. Vergl. Description du Pont suspendu de la Roche-Bernard, par le Blanc, 1841.
100. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1839. S. 420 ff., und Romberg. Zeitschrift f. praktische Baukunst 1843. S. 113 ff.
101. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1848. S. 130 ff.
102. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1836. S. 121 ff.
103. Vergl. M. Chaley, Pont suspendu de Fribourg (Suisse). Paris 1835, und Allg. Bauztg. 1836. S. 341 ff.
104. Schnirch, Beschreibung der Kettenbrücke zu Prag. Prag 1842.
105. Clark, W. T. An account of the Suspension Bridge across the River Danube. London 1853, und Allg. Bauztg. 1841. S. 91.

106. Allg. Bauztg. Wien 1846. S. 279 ff.
107. Vergl. Architekten-Wochenblatt. Berlin 1867. S. 36 ff.
108. Vergl. J. Fanta, die erste Kettenbrücke für den Lokomotivbetrieb von J. Schnirch. Wien 1861.
109. Vergl. Zeitschrift d. Architekten- und Ingenieurvereins für das Königreich Hannover. Hannover 1860. S. 346, und 1861. S. 231 ff.
110. Vergl. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1861. S. 73 ff.
111. S. Jos. Langer, die bogenförmigen Gitterbrücken mit Trägern von gleichem Widerstand. Wien 1859.
112. Vergl. Zeitschrift f. Bauwesen.
113. Vergl. Zeitschrift f. Baum. 1859. S. 560 ff.
114. G. de Traitteur, description des ponts en chaines, exécutés à St. Petersburg etc. en 1824. St Petersburg. 1825.
115. Vergl. v. Wiebeking, Memoire sur des ponts suspendus construits dans le dernier temps en Angleterre et en Russie. Munich 1832.

II. Die schmiedeisernen Balkenbrücken.

116. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1852. S. 166.
117. Vergl. Becker, Brückenbau. Stuttgart 1854. S. 148.
118. Vergl. Supplement of the theory, practice and architecture of bridges. London 1850.
119. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1850. S. 221, u. Taf. 349.
120. S. The Civil Engineer and Architects Journal. 1849.
121. A. a. D. 1855 u. Zeitschrift des Arch.- u. Ing.-Vereins für das Königreich Hannover 1856.
122. Vergl. Molinos et Pronnier, traité de la construction des ponts metalliques. Paris 1857. Die Originalwerke sind: The Britannia and Conway Tubular-Bridges etc. by E. Clark, London 1850, und An account of the construction of the Britannia and Conway Tubular-Bridges by W. Fairbairn.
123. Vergl. Zeitschrift f. Baum. 1853. S. 267.
124. Zeitschrift f. Baum. 1858. S. 489 ff. und 1860. S. 539.
125. Vergl. The Civil Engineer and Architects Journal 1852 u. Zeitschrift f. Baum. 1852. S. 428 ff.
126. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1852. S. 185, sowie Molinos et Pronnier, pag. 330 et tab. XXIII—XXV.
127. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1848. S. 1 ff., u. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1857, S. 215.
128. Vergl. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1857. S. 215.
129. A. a. D. ff.
130. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1866. S. 342 ff.
131. Vergl. Laves, Louis. Memoire explicatif d'un nouveau système en construction. Havre 1839. Zeitschrift d. Arch.- u. Ing.-Ver. für das Königr. Hannover 1850. S. 296 ff., u. Romberg's Zeitschr. f. prakt. Baukunst 1841 u. 1844.
132. Supplement to the theory, practice and architecture of bridges. London 1850, u. Allg. Bauztg. Wien 1855. S. 112.
133. Molinos et Pronnier, traité théorique et pratique de la construction des ponts, pag. 328—330 et tab. XX—XXII, und Allg. Bauztg. Wien 1855. S. 112.
134. Vergl. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1858. S. 17 ff.
135. Allg. Bauztg. Wien 1857. S. 189 ff., und Zeitschrift f. Baum. 1861. S. 113.
136. Molinos et Pronnier a. a. D., pag. 214, 317 et tab. I. et II.
137. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1853. S. 257.
138. Molinos et Pronnier, pag. 319 et tab. V—VIII.
139. Vergl. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1853. S. 469.

F. Heinzerling.

Die Brücken in Eisen.

Inhalt.

Einleitung.

Begriff und Arten der Brücken	Seite 1
---	------------

Erste Abtheilung.

Die Baumaterialien der eisernen Brücken.

Erster Abschnitt.

Das Eisen als Baumaterial der eisernen Brücken	5
--	---

Erstes Kapitel.

Vorkommen des Eisens	7
--------------------------------	---

Zweites Kapitel.

Gewinnung des Eisens	9
--------------------------------	---

I. Die Gewinnung des Roheisens	9
--	---

II. Die Gewinnung des Schmied- oder Stabeisens	14
--	----

1. Das Weißmachen oder Weißen	14
---	----

2. Der Frischprozeß oder das Frischen	15
---	----

a. Das Herdfrischen	15
-------------------------------	----

b. Das Frischen in Flammöfen oder das Puddeln	16
---	----

c. Die Gewinnung des Stabeisens durch den Bessemerprozeß	19
--	----

d. Auswahl des zum Brückenbau tauglichsten Schmiedeisens	19
--	----

III. Die Gewinnung des Stahls	20
---	----

1. Die Gewinnung des Rohstahls	21
--	----

A. Die Gewinnung des Rohstahls aus dem Roheisen	21
---	----

a. Das Stahlfrischen in Herden	21
--	----

b. Das Stahlfrischen in Flammöfen oder das Puddeln	22
--	----

c. Die Gewinnung des Stahls durch den Bessemerprozeß	22
--	----

B. Die Gewinnung des rohen Stahls aus dem Stabeisen	24
---	----

C. Die Gewinnung des Stahls durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit Stabeisen	25
---	----

	Seite
2. Die Verbesserung des rohen Stahls	26
A. Das Gärben oder Raffiniren des Stahls	26
B. Das Umschmelzen des rohen Stahls zu Gußstahl	26
C. Auswahl der zum Brückenbau tauglichsten Stahlsorten	27

Drittes Kapitel.

Verarbeitung und Verarbeitungsformen des Eisens	27
I. Die Verarbeitung des Eisens durch Gießen oder die Eisengießerei	28
1. Die Anfertigung der Gußmodelle	29
2. Die Bildung der Gießformen	30
A. Die Herdformerei	31
B. Die Kastenformerei	31
C. Die Lehmformerei	32
3. Das Schmelzen der Metalle zum Gießen	33
4. Das Gießen des Metalls in die Form	33
5. Das Ausheben und Reinigen des Gußstücks	34
II. Die gröbere Verarbeitung des Eisens durch mechanische Arbeit	34
1. Schmieden der Eisen- und Stahlstäbe	34
2. Schmieden der Eisenbleche	35
3. Walzen der Eisen- und Stahlstäbe	35
a. Packtirung und Auswalzen der Flacheisen	38
b. Packtirung und Auswalzen der Winkelseisen	39
c. Packtirung und Auswalzen der T-Eisen	40
d. Packtirung und Auswalzen der H-Eisen	41
e. Packtirung und Auswalzen der U-Eisen	43
f. Packtirung und Auswalzen der Halbcylinder-Eisen	43
4. Das Walzen der Eisen- und Stahlbleche	43
5. Das Ziehen des Eisendrahts	47
III. Die weitere Verarbeitung des Eisens im warmen Zustande in den Schmiede- werkstätten	49
1. Die Unterlagen für die zu schmiedenden Eisenstücke	49
2. Die Schmiedehämmer	50
3. Hilfswerkzeuge zum Formen der Eisenstücke	51
4. Werkzeuge zum Fassen und Festhalten der Eisenstücke	53
5. Hilfswerkzeuge zur Ausführung der Schmiedearbeiten	53
VI. Die feinere Verarbeitung des Eisens im kalten Zustande durch Handarbeit	53
1. Werkzeuge zum Festhalten der Arbeitsstücke	54
2. Werkzeuge zur Bearbeitung des Eisens	54
3. Hilfswerkzeuge zum Abmessen, Eintheilen, Linienziehen u. s. w.	60
V. Die feinere Verarbeitung des Eisens im kalten Zustande durch mechanische Arbeit	60
1. Die mechanischen Drehbänke	61
2. Bohrwerke und Bohrmaschinen	62
3. Planhobelmaschinen	62
4. Rundhobelmaschinen	63
5. Nuthenstoßmaschinen	63
6. Schraubenschneidmaschinen und Schraubenmutterfräsmaschinen	63
7. Nietmaschinen	64
8. Maschinen zum Schneiden der Bleche	64
9. Die Blechlochmaschine	65

Viertes Kapitel.

	Seite
Eigenschaften des Eisens und Prüfung desselben	66
I. Inneres Gefüge des Eisens	66
II. Chemische Eigenschaften des Eisens	66
1. Chemischer Bestand des Eisens	66
A. Die Kohlenstoffverbindungen des Eisens.	67
B. Die Verbindungen des Eisens mit Schwefel und Phosphor	67
2. Chemisches Verhalten des Eisens zu den Atmosphärien	67
III. Physikalische Eigenschaften des Eisens	68
1. Schwere und Verhalten des Eisens gegen mechanische Kräfte	68
A. Das spezifische Gewicht des Eisens	68
B. Die Elastizität und Festigkeit des Eisens.	69
a. Festigkeit des Eisens gegen Zug und Druck	69
b. Festigkeit des Eisens gegen Verschiebung oder Abscheerung	74
c. Verhalten des Eisens gegen Erschütterungen und Stöße	76
2. Verhalten des Eisens gegen die Einwirkungen der Wärme	77
a. Veränderung der Farbe bei der Erwärmung.	77
b. Ausdehnung des Eisens durch die Wärme	77
c. Aenderung im Gefüge und in der Festigkeit des Eisens durch die Einwirkungen der Wärme	78
3. Verhalten des Eisens gegen die Elektrizität	79
IV. Prüfung des zum Brückenbau zu verwendenden Eisens auf seine Eigenschaften	79

Fünftes Kapitel.

Mittel zur Erhaltung oder Konservirung des Eisens	82
---	----

Zweiter Abschnitt.

Das Holz als Hilfsmaterial beim Bau eiserner Brücken	84
I. Art der Verwendung und Art des zu verwendenden Holzes	84
II. Die wichtigsten physikalischen Eigenschaften des Holzes	84
A. Spezifisches Gewicht des Holzes	84
B. Elastizität und Festigkeit des Holzes	85
a. Elastizität und Festigkeit des Holzes gegen Zug und Druck	85
b. Festigkeit des Holzes gegen Verschiebung oder Abscheerung	87
C. Dauer der Hölzer und Mittel, ihre Dauer zu verlängern	87

Dritter Abschnitt.

Der Stein als Hilfsmaterial beim Bau eiserner Brücken	89
I. Art der Verwendung und Arten des zu verwendenden Steins	89
II. Die wichtigsten physikalischen Eigenschaften des Steins	89
a. Spezifisches Gewicht der Steine	89
b. Festigkeit der Bausteine	90

Zweite Abtheilung.

Geschichte und Darstellung der eisernen Brücken.

Entstehung der eisernen Brücken und Werth ihrer Geschichte	93
--	----

Erster Abschnitt.

Die Träger der eisernen Brücken	94
---	----

Erstes Kapitel.

	Seite
Die gußeisernen Brücken	94
I. Die gußeisernen Bogensprengwerkbrücken	94
1. Die gußeisernen Bogensprengwerkbrücken Englands	94
Brücke über die Saverne zu Coalbrookdale 94. — Brücke über die Saverne zu	
Buildwas 95. — Brücke über den Wear bei Sunderland 95. — Brücke	
über die Themse zu Stains 96. — Southwarkbrücke über die Themse zu	
London 97. — Brücke über den Lary bei Trent 98. — Projekt einer	
Bogenbrücke über die Menaisstraße 98. — Brücke über den Medway bei	
Rochester 99.	
2. Die gußeisernen Bogensprengwerkbrücken Deutschlands	99
Brücke über das Strigauer Wasser zu Laasan 99. — Friedrichsbrücke in Ber-	
lin 99. — Weidendammer Brücke in Berlin 100. — Brücke über die	
Havel bei Potsdam 100. — Brücke über den Hammerstrom zu Peiß 101.	
— Brücke über die Gserna bei Mehadia in Ungarn 102. — Brücke bei	
Lugos und Karansebes 103. — Brücke über die Rinzig bei Offenburg 103.	
3. Die gußeisernen Bogensprengwerkbrücken Frankreichs	105
Louvrebrücke über die Seine in Paris 105. — Austerlitzbrücke in Paris 105. —	
Garrousselbrücke in Paris 107. — Brücke über die Rhone bei Tarascon 109.	
— Solferinobrücke und St. Louisbrücke in Paris 110.	
4. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion	
gußeiserner Sprengwerke	110
II. Die gußeisernen Barrenbrücken	111
1. Die gußeisernen Parallel-Barrenbrücken Englands, Frankreichs und	
Deutschlands	111
Brücke über den Landgraben bei Malsch 112. — Brücke über den Walprechts-	
bach bei Ettlingen 112. — Durchlaß der badischen Bahn bei Dos 113. —	
Brücke über den Häuserbach bei Ofarben 114.	
2. Die gußeiserne Parallel-Barrenbrücke über die Schelde zu Gent	114
3. Die gußeisernen Bogenbarrenbrücken	117
Brücke über die Rida zu Vilbel 117. — Viadukt über die Staatsstraße bei	
Niederwöllstadt 117. — Viadukt über die Straße von Appenweiler nach	
Sand 119.	
4. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion	
der gußeisernen Barrenbrücken	120
III. Die gußeisernen Hängsprengwerkbrücken	121
1. Die gußeisernen Hängsprengwerkbrücken Englands	121
Brücke über die Saverne zu Buildwas 121. — Monksbrücke und Huntsletbrücke	
über den Aire 121. — Brücke über den Paddingtonkanal 122.	
2. Die gußeisernen Hängsprengwerkbrücken Deutschlands	123
Brücke über die Elz bei Exau 123.	
IV. Die gußeisernen Bogenhängwerkbrücken	124
Brücke über die Gserna bei Mehadia in Ungarn 124. — Brücke über die Rensch	
bei Renschen 124.	
V. Die gußeisernen Hängwerkbrücken und Sprengwerkbrücken mit geraden Barren	125
Brücke über die Alb bei Beiertheim 125. — Sprengwerkbrücke in der Potsdam-	
Magdeburger Bahn bei Magdeburg 126. — Brücke über die Luppe bei	
Leipzig 127. — Brücke über den Mühlgraben bei Weizenfels 127.	

Zweites Kapitel.

Die gemischteisernen Brücken	127
I. Die gemischteisernen Brücken Englands und Belgiens	128

Kombinirter Träger englischer Eisenbahnbrücken 128. — Wegbrücke über die North-Western-Bahn bei Camden 129. — Eisenbahnbrücke in der Vorstadt Gateshead von New-Castle upon Tyne 130. — Eisenbahnbrücke über die Althorpe-Street 130. — Brücke über den Court-Street in der Linie Rugby-Leamington 131. — Eisenbahnbrücke über die Sambre zwischen Charleroi und Erquelines 133. — Straßenbrücke über den Rupel zwischen Boom und Petit-Willebroeck 133. — Brücke über den Trent bei Newark 135. — High-Level-Bridge in New-Castle upon Tyne 136. — Brück-Kanal über den Calder bei Stanley 137.	
II. Die gemischteisernen Brücken Deutschlands	139
Brücke in Herrenhausen bei Hannover 139. — Brücke über den Stadtkanal in Potsdam 139. — Brücke über den Betsch bei Prerau 142. — Brücke über den Iserfluß bei Rakauß in der Nähe von Turnau 144.	
III. Die gemischteisernen Brücken der Vereinigten Staaten von Nordamerika . .	146
1. Die gemischteisernen Parallelträger	146
Straßenbrücke in der Lehigh Avenue in Philadelphia 147. — Viadukt über die New-Jersey-Bahn in Bergen 148. — Straßenbrücke über den Rock-Creek zwischen Washington und Georgetown 149. — Eisenbahnbrücke über den Passaic bei Newark 151. — Brücke der Vermont-Canada-Bahn 152. — Brücke über den Erie-Kanal bei West-Troy 154. — Brücke über den Potomac bei Harpers-Ferry 155. — Eisenbahnbrücke über den Elisabethfluß bei Norfolk 158. — Brücke der Baltimore-Ohio-Bahn über den Wheeling-Creek 160. — Brücke der Baltimore-Ohio-Bahn über den Monongahela 161.	
2. Die gemischteisernen Bogenträger	164
Straßenbrücke über den Newyork-Erie-Kanal bei Buffalo 165. — Straßenbrücke über den Newyork-Erie-Kanal bei Rochester 166. — Straßenbrücke über den Newyork-Erie-Kanal bei Albany 167.	
IV. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der gemischteisernen Balkenträger	160

Drittes Kapitel.

Die schmiedeisernen Brücken	169
I. Die schmiedeisernen Hängbrücken	169
1. Die ältesten Hängbrücken	169
2. Die schmiedeisernen Hängbrücken der Vereinigten Staaten Nordamerika's.	170
Kettenbrücke über den Jakobs-Creek zwischen Union-Town und Greenburgh 170. — Kettenbrücke über den Katarakt des Schuylkill 171. — Kettenbrücke über den Brandywinefluß bei Wilmington 171. — Kettenbrücke über den Merrimack bei Newbury-Port 171. — Kettenbrücke über den Lehecgh bei Northampton 171. — Drahtkabelbrücke über den Schuylkill bei Philadelphia 171. — Drahtkabelbrücke über den Monongahela bei Pittsburg 171. — Drahtkabelbrücke über den Ohio bei Wheeling 171. — Drahtkabelbrücke über den Niagara 173. — Drahtkabel-Fachwerkbrücke über den Niagara 174. — Drahtkabelbrücke über den Ohio bei Cincinnati 176. — Projekt einer Brücke über den Kentucky in der Lexington-Danville-Bahn 176. — Drahtkabelbrücke über die Niagarafälle 178. — Aquädukt des Pennsylvaniakanals über den Alleghany in Pittsburg 179.	
3. Die schmiedeisernen Hängbrücken Englands	180
Kettenbrücke über den Tees bei Winch 180. — Kettenbrücke über den Tweed bei Rings-Meadow 180. — Kettenbrücke über den Tweed bei Dryburgh-Abbey 180. — Union-Kettenbrücke über den Tweed bei Northamford 181. — Kettenbrücke über die Menai-Meerenge bei Bangor 182. — Conway-Ketten-	

	brücke über die Menai-Meerenge 184. — Hammersmithbrücke über die Themse bei London 184. — Charing-Cross- oder Hungerfordbrücke über die Themse in London 185. — Lambeth-Hängbrücke über die Themse in London 186.	
4.	Die schmiedeisernen Hängbrücken Frankreichs und Belgiens	189
	Drahtbrücke über die Rhone zwischen Tournon und Tain 189. — Drahtbrücke zu Jarnac in Frankreich 189. — Kettenbrücke über den St. Suzannefluß auf der Insel Bourbon 190. — Kettenbrücke über die Seine in Paris 190. — Kettenbrücke über die Garonne zu Langon 190. — Drahtkabelbrücke Bercy und Louis-Philippe über die Seine in Paris 191. — Drahtkabelbrücke über die Vilaine bei Roche-Bernard 191. — Drahtkabelbrücke über den Scorff bei Lorient 191. — Drahtkabelbrücke über die Seine zu Conflans St. Honorine 191 und 192. — Drahtkabelbrücke über die Charente zu Rochefort 191. — Drahthängbrücke über die Dordogne zu Cubzac 191 und 194. — Bandeisenbrücke über die Seine in Surèsnès 195. — Kettenbrücke über die Maas in Seraing 197.	
5.	Die schmiedeisernen Hängbrücken Deutschlands und der Schweiz	197
	Kettenbrücke über die March bei Straßniß 197. — Sophien- und Karlsbrücke über den Donaukanal in Wien 197. — Kettenbrücke über die Regnitz zu Bamberg 197. — Drahtkabelbrücke über das Saane-Thal in Freiburg 198. — Kettenbrücke über die Moldau in Prag 200. — Kettenbrücke über die Donau zwischen Pesth und Ofen 200 und 201. — Franz-Karl-Kettenbrücke über die Mur in Graz 200 und 203. — Kettenbrücke über die Weser bei Hameln 205. — Kettenbrücke über den Neckar bei Mannheim 205. — Kettenbrücke über die Aar in Aarau 205. — Eisenbahn-Kettenbrücke über den Donaukanal in Wien 205. — Hängebrücke über die Moldau in Prag 207.	
6.	Die schmiedeisernen Hängbrücken Rußlands	207
	Panteleimonsbrücke über die Fontanka in Petersburg 207. — Kettenbrücke über die Moika in Petersburg 207. — Die ägyptische Brücke über die Fontanka 209. — Die Vier-Löwen-Brücke und Vier-Greisen-Brücke über den Katharinenkanal in Petersburg 210. — Projekte zu Kettenbrücken über die Nema und über den Kotorosle zu Jaroslawle 210.	
7.	Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der Hängbrücken	210
II.	Die schmiedeisernen Balkenbrücken	212
1.	Allgemeines	212
2.	Die schmiedeisernen Balkenbrücken Englands	212
	Viadukt der Blackburn-Bolton-Bahn 214. — Landungsbrücke an der Schiffswerfte St. Georg in Liverpool 214. — Brücke über den Trent zu Gainsborough 215. — Landungsbrücke am Kai des Prinzenplazes zu Liverpool 215. — Britanniabrücke über die Meerenge Menai bei Bangor 215. — Brücke über den Aire zu Brotherton 222. — Victoriabrücke über den St. Lorenzstrom bei Montreal 222. — Torkseybrücke über den Trent 223. — Brücke über den Wyre bei Chepstow 226. — Eisenbahnbrücke über den Royalkanal bei Dublin 229. — Brücke über den Boynefluß bei Drogheda 230. — Eisenbahnbrücke über die Themse bei Blackfriars 231. — Crumlinviadukt bei Newport in South-Wales 232. — Brücke der Blackwall- und Eastern-Counties-Bahn 235. — Brücke der Great-Western-Bahn bei Windsor 235. — Brücke über den Tamar bei Saltash 237.	
3.	Die schmiedeisernen Balkenbrücken Frankreichs, Belgiens und Hollands	239
	Brücke von Elisy in der französischen Westbahn 239. — Brücke über die Sambre zwischen Charleroi und Namur 240. — Eisenbahnbrücke über die Seine bei Ainières 240. — Eisenbahnbrücke über den Giron 242. —	

140. S. Zeitschrift f. Baum. 1861. S. 111 ff.
141. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1863. S. 363 ff.
142. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1851. S. 71.
143. S. Architekten-Wochenblatt. Berlin 1867. S. 316 ff.
144. S. Zeitschrift d. Arch.- u. Ing.-Ver. für das Königr. Hannover. Hannover 1856.
145. Vergl. Zeitschrift f. Baum. 1851. S. 88.
146. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1848. S. 135.
147. S. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1858. S. 463 ff.
148. S. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1853. S. 473.
149. S. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1858. S. 479 ff.
150. S. Allg. Bauztg. Wien 1853. S. 179 ff., und Sammlung eiserner Brückenkonstruktionen. Stuttgart 1860. S. 3 ff.
151. S. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1851. S. 114 ff.
152. S. Allg. Bauztg. Wien 1851. S. 85 ff.
153. S. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1855. S. 445 ff.
154. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1853. S. 98 ff.
155. S. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1857 und 1863.
156. S. Die Eisenbahnbauten bei Rehl. Karlsruhe 1859/60.
157. S. Ebel, Brücken und Thalübergänge schweizerischer Eisenbahnen. Basel 1856.
158. S. Eisenbahnbrücke u. d. Saane bei Freiburg. Zürich bei Meyer und Zeller, und Zeitschrift f. Baum. Berlin 1863. S. 28 ff.
159. S. Sammlung eiserner Brückenkonstruktionen. Stuttgart 1860. S. 56 ff.
160. S. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1859. S. 37.
161. S. Hartwich, Erweiterungsbauten der rhein. Eisenbahn. 3. Abth. Berlin 1867.
162. S. L. v. Klein, Sammlung eiserner Brückenkonstruktionen. Stuttgart 1863. S. 3 ff.
163. S. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1858. S. 277 ff.
164. S. Zeitschrift f. d. Arch.- u. Ing.-Ver. für das Königr. Hannover. Hannover 1864. Taf. 285.
165. S. Hartwich, Erweiterungsbauten der Rhein. Eisenbahn. 3. Abth. Berlin 1867.
166. Vergl. Zeichnungen zum Brückenbau. Karlsruhe bei Veith. Separatwerk, im Erscheinen begriffen.
167. Vergl. Zeitschrift d. österr. Ing.-Ver. Wien 1869. S. 123 ff.
168. S. Hartwich, Erweiterungsbauten d. Rhein.-Eisenbahn. 3. Abth. Berlin 1867. S. 20.
169. Vergl. Mémoire explicatif d'un nouveau système en construction par Louis Laves, Havre 1839, Rombergs Zeitschrift f. prakt. Baukunde 1841 u. 1842 und Zeitschrift d. Arch.- u. Ing.-Ver. für das Königr. Hannover. Hannover 1850.
170. S. Romberg, Zeitschrift f. prakt. Bauk. Jahrg. 1843.
171. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1859. S. 82 ff., und L. v. Klein, Sammlung eiserner Brückenkonstruktionen. Stuttgart 1864.
172. Vergl. Eisenbahnbrücke u. d. Rhein bei Mainz. Mainz 1863, und L. v. Klein, a. a. O.
173. Vergl. Ruppert, R. v., Neues System für Eisenbrücken großer Spannweite. Wien 1867 und Ver. d. XIV. Vers. deutscher Arch. u. Ing. Wien 1865. S. 49.
174. Vergl. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1861. S. 579 ff.
175. Vergl. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1867. S. 181 ff.
176. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1868. S. 517.
177. S. Architekten-Wochenblatt. Berlin 1867. S. 250.
178. A. a. O. S. 157.
179. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1868. S. 513.

III. Die schmiedeeisernen Stützbrücken.

180. S. Gauthey, Traité de la construction des ponts. Paris 1809 u. 1813. II. pag. 124.
181. S. Allg. Bauztg. Wien 1855. S. 349 ff.

182. S. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1862. S. 237 ff., u. Allg. Bauztg. Wien 1864. S. 78 ff.
183. Vergl. Exposition universelle à Paris en 1867. Notices sur les modèles, cartes et dessins relatifs aux travaux publics. Paris 1867. pag. 527.
184. Allg. Bauztg. Wien 1855. S. 111 ff.
185. S. Egel, Brücken und Thalübergänge schweizerischer Eisenbahnen. Basel 1856.
186. Vergl. Annales des ponts et chaussées. Paris 1859, und Zeitschrift f. Baum. Berlin 1861. S. 653 ff.
187. S. Hartwich, Erweiterungsbauten der Rhein. Eisenb. Berlin 1867. III. S. 33 ff.
188. Zeitschrift f. Baum. 1865. S. 105 ff.
189. Vergl. Zeitschrift d. Arch.- u. Ing.-Ver. für das Königr. Hannover. Hannover 1860. S. 346 und 1861. S. 231 ff.
190. Vergl. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1861. S. 73 ff.
191. S. Zeitschrift f. Baum. 1864. S. 385 ff.
192. S. Hartwich, Erweiterungsbauten der Rhein. Eisenb. Berlin 1867. III. S. 26 ff.
193. S. Zeitschrift f. Baum. 1866. S. 267 ff.

Zweiter Abschnitt.

Die Pfeiler der eisernen Brücken.

194. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1850. S. 356 ff.
195. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1840. S. 300 ff.
196. Vergl. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1862. S. 220 ff.
197. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1857. S. 189 ff.
198. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1866. S. 342 ff.
199. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1836. S. 321 ff.
200. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1853. S. 168 ff.
201. Vergl. Allg. Bauztg. 1857. S. 146.
202. Vergl. Oppermann, Nouvelles annales de la construction 1856. p. 96—98, auch Zeitschrift f. Baum. 1857. S. 223 ff.
203. Vergl. Annales des ponts et chaussées. 1859, auch Zeitschrift f. Baum. 1861. S. 653 ff.
204. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1863. S. 124 ff.
205. Vergl. a. a. O. auch Zeitschrift f. Baum. 1860. S. 401, und Allg. Bauztg. Wien 1863. S. 124 ff.
206. Vergl. Zeitschrift f. Baum. 1863. S. 369. Taf. 52.
207. S. Oppermann, Nouvelles annales de la construction 1864, auch Zeitschrift f. Baum. 1864. S. 581 ff. u. Allg. Bauztg. Wien 1863. S. 124 ff.
208. Vergl. Zeitschrift f. Baum. 1851. S. 210 ff.
209. S. Allg. Bauztg. Wien 1850. S. 138.
210. Vergl. Annales des ponts et chaussées 1856, auch Zeitschrift f. Baum. 1857. S. 238.
211. S. Allg. Bauztg. Wien 1865. S. 325.
212. S. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1862. S. 216 u. 217.
213. Vergl. Allg. Bauztg. Wien 1851. S. 23.
214. S. Allg. Bauztg. Wien 1851. S. 23 ff.
215. S. Annales des ponts et chaussées, tome VIII. 1864 u. Nördling, Mémoire sur les piles en charpente métallique des grands viaducs. Paris 1864.
216. Vergl. Sitzungsber. d. XIV. Vers. deutscher Arch. u. Ingenieure. Wien 1865. S. 85.
217. Vergl. Allg. Bauzeitung. Wien 1870. Die technischen Notizen verdankt der Verfasser einer gefälligen Mittheilung des Herrn Ingenieur Bleden.
218. Vergl. Ritter, Elementare Theorie und Berechnung eiserner Dach- und Brückenkonstruktionen. Hannover 1869. S. 165 ff.

Dritter Abschnitt.

Die Fundamente der eisernen Brücken.

219. Vergl. B. Harres. Die Schule des Zimmermanns. Zweiter Theil. Leipzig 1861. S. 29 ff., und: Die Schule des Maurers. Leipzig 1869. S. 48.
220. The Architect and Building-Gazette 1851, und Zeitschrift f. Baum. 1851. S. 310.
221. A. a. D.
222. S. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1856. S. 165.
223. S. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1857. S. 221.
224. Vergl. Nouveau portefeuille de l'ingénieur des chemins de fer. Paris 1866. Texte pag. 230, u. pl. M. 6—7, u. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1857. S. 433.
225. Vergl. Zeitschrift d. Arch.- u. Ing.-Ver. f. Hannover. Hannover 1869. S. 215 ff.
226. Vergl. Notizblatt d. Allg. Bauztg. Wien 1855. Bd. III. S. 231.
227. Vergl. Institution of Mechanical Engineers, Proceedings. 29. Jan. 1863. S. 16 ff., Zeitschrift f. Baum. Berlin 1864. S. 585 ff. u. Zeitschrift d. Arch.- u. Ing.-Ver. f. Hannover. Hannover 1864. S. 272.
228. Vergl. Bericht über die XIV. Versammlung deutscher Architekten und Ingenieure. Wien 1865. S. 22 ff.
229. Vergl. Deutsche Bauztg. Berlin 1868, S. 325, und Sitzungsberichte der XV. Vers. deutscher Architekten und Ingenieure. Hamburg 1869. S. 43.
230. Pfannmüller, Plan zur Erbauung einer stehenden Brücke über den Rhein mittels Anwendung einer neuen Methode der Pfeilergründung. Mainz 1850.
231. Vergl. Die Eisenbahnbauten bei Kehl. Karlsruhe 1859/60. Allg. Bauztg. Wien 1861. S. 102 ff., Zeitschrift f. Baum. Berlin 1860. S. 7 ff.
232. Vergl. Zeitschrift f. Baum. Berlin 1865. S. 396 und 1866. S. 517 ff.
233. Vergl. Architekten-Wochenblatt. Berlin 1867. S. 151 ff.
234. Vergl. Bestek en voorwarden wegens het maken van de pijlers voor de brug van het Hollandsch Diep bij Moerdijk.

Anhang.

Die eisernen Brücken der Gegenwart.

235. Vergl. Deutsche Bauzeitung. Berlin 1869. Nr. 22. S. 263, und Nr. 33. S. 394, auch Illustrierte Zeitung. Leipzig 1869. Nr. 1367. S. 204 ff.
236. Dessen Leben und Werke s. an den angeführten Orten.
237. Vergl. Bestek en voorwarden wegens het vervaardigen van den metalen bovenbouw der brug over de Lek bij Kuilenburg.
238. S. die Ueberbrückzeichnungen der Brücke über den Rhein bei Hamm. Diese sowie die technischen Notizen verdankt der Verfasser einer, durch Hrn. Bau- u. Betriebsinspektor Heyl vermittelten, Mittheilung des Hrn. Bauinspektor Pichler.
239. Vergl. Geschäftsbericht der Cöln-Mindener-Eisenbahngesellschaft v. 1869. S. 48 ff., und Bericht über die XV. Versammlung deutscher Architekten und Ingenieure in Hamburg v. 1.—4. Sept. 1868. S. 64 ff.
240. Vergl. Deutsche Bauzeitung 1869. S. 468 ff.
241. S. a. a. D. S. 408 ff., u. Ritter, Elementare Theorie und Berechnung eiserner Dach- u. Brücken-Konstruktionen. Hannover 1870. S. 345 ff.
242. John. A. Röbling, Long and short span railway bridges. New-York 1869.
243. Vergl. Engineer. 1869. Dezemberheft u. Deutsche Bauzeitung 1870. Nr. 3. S. 23.
244. Vergl. William Humber. A record of the progress of modern engineering. 1866. London 1868. pag. 45 und Taf. 23 u. 24.

Druckfehler.

- Seite 38, Zeile 20 v. u. lies halb- und viertelschlinderförmige.
" 46, " 4 v. o. muß i st ausfallen.
" 46, " 15 v. u. lies H o b e l statt Hebel.
" 70, " 3 v. o. muß m i t ausfallen.
" 70, " 5 v. o. muß m a n ausfallen.
" 70, bei Formel (31) lies u n d statt u m.
" 83, Zeile 10, 11 und 12 v. o. lies: Ablösung des Anstrichs und damit
eine ungehinderte Einwirkung jener schädlichen
Agentien.
" 85, " 2 und 3 v. o. sind die Worte W a s s e r s und H o l z e s zu vertauschen.
" 87, " 1 v. o. lies A b s c h e e r u n g s f e s t i g k e i t.
" 101, " 6 v. o. lies P f e i l h ö h e d i e n t e statt Pfeilhöhe.
" 186, Fig. 289 ist umzukehren.
" 199, Zeile 1 v. u. lies Fig. 329.
" 311, " 6 v. u. lies D e t a i l s der Brücke u. s. w.
" 391, " 7 v. u. lies Fig. 964 bis 970.
" 399, " 10 v. u. lies 37,4 Mtr.
" 400, Bei Fig. 986 lies H ö c h s t e r Wasserstand.
" 421, Zeile 8 v. u. lies M o u g e l statt Mongel.
" 335, " 6 v. o. lies v e r b r a c h t w u r d e n.
" 436, " 14 v. u. lies W e s t e r v o o r t statt Westerwoort.
" 438, " 14 v. u. lies T i e f e v o n statt Tiefevon.
" 439, Fig. 1079 u. 1080 ist oben 0,035 statt 0,0 und unten 0,457 statt 0, zu lesen.
" 456, Zeile 12 v. u. lies d i e s e r, in Fig. 1101 und 1102 dargestellte,
Bagger.
" 474, " 16 v. u. lies 1129 bis 1131.
- ~~~~~

Eisenbahnbrücke über die Garonne zu Langon 242. — Französische Vicinalwegbrücken 245. — Eisenbahnbrücke über die Yffel bei Westervoort 245. — Französische Eisenbahnbrücke 246. — Eisenbahnbrücke zwischen Haarlem und Leyden 247. — Brücke über die Orne zu Caën und Ifigny 247. — Brücke über die Schelde bei Dudenarde 248. — Brücke über den Leck bei Ruilenburg 251.

4. Die schmiedeisernen Balkenbrücken Deutschlands, Oesterreichs u. der Schweiz 251

Brücke über die Leine bei Göttingen 252. — Durchlässe der Rheintischen Eisenbahn 253. — Durchlässe der Oesterreichischen Orientbahn 253. — Viadukte der Hessischen Ludwigsbahn bei Oberingelheim und auf der Bingerer Bleiche 255. — Brücken der Hessischen Ludwigsbahn über den Eichenbach und den Flutgraben bei Gausalgesheim 257. — Brücke über die Murg in Raftatt 259. — Schienenbrücken über die Gerinne am Mühlendamm in Berlin 260. — Viadukt in der Thüringischen Eisenbahn 262. — Durchlaß der Kreuz-Güsttrin-Frankfurter Bahn 263. — Durchlaß der Lombardisch-Venetianischen Bahn 263. — Schienendurchlässe der Hessischen Ludwigsbahn bei Niederingelheim 264. — Durchlässe der Hannoverischen Eisenbahn mit Fischbauchträgern 265. — Gitterbrücke über die Reife bei Guben 267. — Ältere Gitterbrücken auf preussischen Eisenbahnen 268. — Gitterbrücke über die Ruhr bei Altstaden 269. — Gitterbrücke über die Saale bei Grizehna 270. — Gitterbrücke über die Rinzig bei Offenbourg 270. — Gitterbrücke über die Weichsel bei Dirschau 278. — Gitterbrücke über die Mogat bei Marienburg 276. — Straßenbrücke über die Dos in Baden-Baden 276. — Gitterbrücke über den Rhein bei Köln 277. — Brücke über den Rhein zwischen Rehl und Straßburg 281. — Brücke über die Sitter bei St. Gallen 281. — Brücke über die Aar bei Bern 281. — Brücke über die Saane bei Freiburg 281. — Brücke über die Eipel und Gran in Oberungarn 285. — Brücke über den Flackensee bei Erkner 288. — Eisenbahnbrücke über die Mosel bei Koblenz 288. — Eisenbahnbrücke über die Nahe bei Bingen 288. — Eisenbahnbrücke über den Neckar bei Heilbronn 292. — Brücke über den Jumna bei Allahabad 293. — Brücke über den Alten Rhein bei Griethausen 294. — Brücke über den Rhein zwischen Ludwigshafen und Mannheim 297. — Eisenbahnfachwerkbrücke über den Donaukanal bei Wien 299. — Eisenbahnbrücke über die Lahn bei Oberlahnstein 302. — Fußgängerbrücke zu Verneburg 305. — Fahrbrücke im königlichen Garten zu Monbrillant 305. — Brücke über die Ocker bei Meinersen 305. — Hafenbrücke im Werder in Bremen 305. — Brücke über die Isar bei Großhefelohe 308. — Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz 313. — Entwurf einer Brücke über den Bosporus 315. — Brücke über die Brahe bei Czerst 315. — Brücke über die Weser bei Corvey 317. — Brücke über die Elbe bei Hämersten 319. — Flutbrücke über die Oder bei Stettin 321. — Kurze und lange Straßenbrücke über die Oder in Breslau 323. — Eisenbahnbrücke über die Oder in Breslau 323.

5. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der schmiedeisernen Balkenbrücken 324

III. Die schmiedeisernen Stützbrücken. 326

1. Allgemeines 326

2. Die schmiedeisernen Bogenbrücken Frankreichs 327

Brücke über den Crou bei St. Denis 326. — Stadthausbrücke in Paris 328. — Eisenbahnbrücke über den Kanal St. Denis 331. — Brücke über den Kanal St. Denis bei Villette 333.

3. Die schmiedeisernen Bogenbrücken der Schweiz 333

Brücke über die Aar bei Olten 334.

	Seite
4. Die schmiedeisernen Bogenbrücken Deutschlands und Oesterreichs.	335
Brücke über die Theiß bei Szegedin 335. — Ueberbrückungen der Frankgasse und des Lupusplatzes in Köln 338. — Eisenbahnbrücke über die Rinzig bei Gelnhausen 338. — Straßenbrücke über die Lahn in Ems 338. — Brücke über den Rhein bei Konstanz 338. — Schluchtbrücke bei Waldshut 338. — Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Koblenz 343. — Eisenbahnbrücke über die Ruhr bei Mülheim 347. — Brücke über die Drau in Marburg 347. — Unterspreebrücke bei Berlin 349.	
5. Historische Ergebnisse für die Anwendung, Anordnung und Konstruktion der schmiedeisernen Bogenträger.	354

Zweiter Abschnitt.

Die Pfeiler der eisernen Brücken	355
--	-----

Erstes Kapitel.

Die gußeisernen Brückenpfeiler	356
I. Die gußeisernen Säulenpfeiler.	356
Kavalierbrücke in Berlin 356. — Viadukt bei Batignolles 356. — Brücke der Morris- und Esserbahn bei Newark 359. — Brücke über den Elisabethfluß bei Norfolk 360. — Trarunviadukt in der Ohio-Bahn 360. — Brücke über den Tamar bei Saltash 363. — Eisenbahnbrücke über die Themse bei Blackfriars in London 365. — Drahthängebrücke über die Seine in Conflans St. Honorine 367.	
II. Die gußeisernen Röhrenpfeiler.	368
Viadukt bei Chester auf der Insel Anglesea 368. — Brücke über den Medway bei Rochester 368. — Brücke über die Themse bei Windsor 368. — Brücke über den Wyre bei Chepstow 370. — Brücke über den Nil bei Benha 370. — Landungsterrasse von Gravesend bei London 372. — Brücke über den Great-Pee-Dee 372. — Brücke über die Theiß bei Szegedin 373. — Brücke über den Allier bei St. Germain-des-Fossés 375. — Brücke über den Allier und Cher zwischen Moulins und Montluçon 378. — Brücke über den Niemen bei Rowno 379. — Brücke über die Seine bei Argenteuil 382.	
III. Die gegliederten gußeisernen Brückenpfeiler.	384
Brücke über die Dordogne bei Cubzac 384. — Brücke über die Maas bei Seraing 386. — Brücke über die Ruhr bei Mülheim 387. — Brücke über die Sitter bei St. Gallen 391. — Brücke über die Glatt bei Flawyl und über die Thur bei Wyl 391.	

Zweites Kapitel.

Die Brückenstützen aus eisernen Schraubenpfählen	393
Hafendamm an der Küste von Wexford 395. — Hafendamm bei Glenelg im Golf St. Vincent 396. — Landungsbrücke im Hafen von Makassar 397.	

Drittes Kapitel.

Die gemischteisernen Brückenpfeiler.	399
Viadukt über den Geneseefluß bei Portage 399. — Eisenbahnbrücke über den Msta 399. — Grumlin-Viadukt bei Newport 401. — Viadukt über die Saane bei Freiburg 404. — Viadukt über das Arcusethal 408. — Viadukt über den Cêrefluß 408.	

Viertes Kapitel.

	Seite
Die schmiedeisernen Brückenpfeiler	409
Brücke über den Rhein bei Mainz 409. — Eiserner Steg über den Main bei Frankfurt 409.	

Dritter Abschnitt.

Die Fundamente der eisernen Brücken	419
Uebersicht über die Fundirungsmethoden eiserner Brücken	419

Erstes Kapitel.

Die Fundamente mit eisernen Umschließungen	423
I. Die gußeisernen Umschließungen	423
Brücke über den Aven bei Lemkeshourg 423. — New-Battersea-Brücke 423. — Chelsea-Kettenbrücke über die Themse bei London 424 — Westminster-Brücke über die Themse in London 424.	
II. Die schmiedeisernen Umschließungen	427
Brücke über die Marne zu Nogent 427. — Brücke über die große Weser in Bremen 428.	

Zweites Kapitel.

Die Fundamente mit versenkten und ausgefüllten eisernen Röhren	436
I. Ohne Anwendung von Luftdruck versenkte eiserne Röhren	436
Brücke über die Themse bei Windsor 436. — Brücke über die Yssel bei Westermoor 436. — Brücke über den Nil bei Benha 436. — Brücke über die Sarthe bei Neuville 436. — Landungsterrasse von Gravesend bei London 438.	
II. Mittels verdünnter Luft versenkte eiserne Röhren	441
Viadukt bei Chester auf der Insel Anglesea 441. — Brücke über den Medway bei Rochester 441. — Brücke über den Great-Pee-Dee in Nordamerika 442.	
III. Mittels verdichteter Luft versenkte Röhren	443
Brücke über den Medway bei Rochester 443. — Brücke über den Wye bei Chepstow 444. — Brücke über die Sarthe von Neuville 445. — Brücke über die Theiß bei Szegedin 445. — Brücke über den Allier bei St. Germain des Fossés 447. — Brücke über den Tamar bei Saltash 447. — Brücke über den Niemen bei Romno 448. — Brücke über die Seine bei Argenteuil 452.	

Drittes Kapitel.

Die Fundamente aus versenktem Mauerwerk	454
I. Ohne Anwendung von Luftdruck versenkte Steinfundamente	454
Brücke über den Jumna bei Allahabad 454. — Arbeitsschacht für den Themsetunnel zu London 457. — Wasserbrunnen zu Burton am Trent 458. — Eisenbahnbrücke über die Parnip in Stettin 458. — Raimauer am Sandthorhafen in Hamburg 458.	
II. Mit Anwendung von verdichteter Luft versenkte Steinfundamente	460
Kohlenschacht an der Charente zwischen Rochefort und Ingrande 460. — Brücke über den Medway zu Rochester 460. — Brücke über den Tamar bei Saltash 461. — Projektirte Brücke über den Rhein bei Mainz 462. — Projektirte Brücke über den Rhein bei Mannheim 464. — Brücke über den	

Rhein zwischen Rehl und Straßburg 464. — Brücke über den Pregel bei Königsberg 469. — Viadukt von Argenteuil 472. — Brücke über die Theiß bei Szegedin 472. — Brücke über den Niemen bei Rowno 472. — Brücke über die Parnitz bei Stettin 472. — Brücke über das Hollandsch-Diep bei Moerdijk 476.

Historische Ergebnisse für die Anwendung und Anordnung der Fundamente aus
oder mit Anwendung von Eisen 477

Anhang.

Die eisernen Brücken der Gegenwart 481

Drahtseilhängebrücke über den East-River zwischen New-York und Brooklyn 481.
— Charnierhängebrücke über den Main bei Frankfurt 481. — Karlsbrücke mit Stahlketten über die Donau in Wien 482. — Balkenbrücke über den Lech bei Ruilenburg 483. — Balkenbrücke über den Rhein bei Hamm 483 u. 489. — Balkenbrücke über die Elbe bei Hamburg 485 u. 490. — Balkenbrücke aus Buddelftahl über die Götthalf 492. — Bogenbrücke über den Mississippi bei St. Louis 493. — Bogenbrücke aus breitbasigen Schienen 498. — Hängsachswerkbrücke 499. — Projektirte Brücke über den Mississippi bei St. Louis 499. — Eisenbahnbrücke über den Goraiesfluß in Ostindien 500.

Historische Gesammtergebnisse für die Anordnung der Brückenkonstruktionen der Gegenwart und der nächsten Zukunft 502

Verlag von **Otto Spamer** in Leipzig.

Zeichenschule für Damen.

Das Zeichnen und der Zeichenunterricht.

Theoretisch und praktisch entwickelt

mit besonderer Berücksichtigung der Perspektive sowie
des Figurenzeichnens auf Grund der Anatomie, Verhältnißlehre,
Physiognomik, Komposition u. s. w.

Methodische Anleitung zum Zeichenunterricht im Allgemeinen,
vornehmlich zum Gebrauch in Töchter Schulen,
in Bildungsanstalten für Lehrer und Lehrerinnen, sowie zur weiteren Ausbildung
beim Selbstunterricht.

Von

Maler **Carl Ehrenberg** in Rom.

Inhalt:

Einleitende Betrachtungen. Ueber das Kopiren und über den Werth oder Unwerth der Vorlagen. — Elementar-Unterricht. Geometrische Erklärungen. — Allgemeine Grundgesetze der Linearperspektive. Anwendung der allgemeinen Grundgesetze auf die „Ansichten“ der Linearperspektive. — Kreise und schräg stehende Linien. Spiegelperspektive. Schattenperspektive. Luftperspektive. — Wahl der Gegenstände und	Technik des Zeichnens. Technik des Schattirens. — Anatomische Grundlage der Formen. — Verhältnisse. Einteilung der Formen nach Flächen. — Wichtigkeit und Bedeutung der Hand. Physiognomik des Kopfes. Porträtzeichnungen. — Einige Bemerkungen über das Landschaftszeichnen und über das Maßgebende für die Beurtheilung von Kunstwerken.
---	--

Mit 16 Tafeln und 250 Text-Abbildungen, sowie einem Titel- und einem Conbilde.

Geh. $1\frac{2}{3}$ Thlr. = 3 Fl. rhein.; eleg. geb. 2 Thlr. = 3 Fl. 36 Kr. rhein.

Die nächste Veranlassung zur Entstehung dieses Buches gab die Beobachtung und Erfahrung, daß die unerläßliche Kenntniß der Perspektive beim Zeichenunterricht (vornehmlich in Mädchen-Instituten) so sehr bei Seite gesetzt wird, daß an ein „bildendes“ Zeichnen nicht gedacht werden kann.

Der perspektivische Theil dieses Buches unterscheidet sich von andern populären Abhandlungen dadurch, daß der Autor die Perspektive weniger durch mathematisch-optische Beweise, als vielmehr durch die Natur selbst zu erklären sich bestrebt. Als Hauptziel des Buches wurde festgehalten: Bildung des Formen- und Schönheitsfinnes durch Erziehung des Auges zum richtigen Sehen, und zu erreichen, daß eine zum Bewußtsein gekommene Freude an Natur und Kunstwerken sowie an allem Schönen überhaupt empfunden werde.

Im Anschluß hieran erschien:

Mappe zu C. Ehrenberg:

Das Zeichnen und der Zeichenunterricht.

Enthaltend 20 von dem Autor selbst lithographirte Vorlegeblätter zur Veranschaulichung.

Preis: $1\frac{2}{3}$ Thlr. = 3 Fl. rhein.

Für die Mappe sind vorzugsweise solche Gegenstände als Vorlagen berücksichtigt worden, welche bis jetzt meist unzureichend vertreten waren; dieselben sind so einfach wie möglich gehalten, um die Nachahmung nicht unnöthig zu erschweren.

Dr. L. Bergmann's Schule des Zeichners.

Für Lehrer und Lernende.

Praktischer Leitfaden beim Selbstunterricht,
insbesondere für Gewerbtreibende, sowie für Lehrer an Bürgerschulen, Musterzeichner,
Modelleure, Lithographen, Xylographen etc. herausgegeben

von

Dr. Oskar Mothes.

Mit mehr als 300 Textabbildungen, 6 Condruckbildern und einem Titelbilde zur Veranschaulichung.

Vierte vielfach verbesserte Auflage.

Preis: Geh. $1\frac{1}{3}$ Thlr. = 2 Fl. 24 Kr. rh. — Eleg. geb. $1\frac{2}{3}$ Thlr. = 3 Fl. rhein.

Inhalt:

Contourzeichnen. Einleitung. Die nöthigsten mathematischen Begriffe. Die Zeichen-Materialien. Vorübungen des Auges und der Hand. Zeichnen von geraden und krummen Linien und von Winkeln. Geradlinige Figuren. Aus geraden und krummen Linien gemischte Figuren. Krummlinige Figuren aller Art.

Ausgeführte Zeichnungen in Kopie. Lehre vom Licht und Schatten. Manieren des Schattirens. Einfache

Körper. Gebäude, Architektur, Schiffe. Zeichnen von Blättern, Früchten, Blumen und Ornamenten. Landschaftszeichnen. Thierzeichnen. Figurenzeichnen.

Zeichnen nach der Natur. Von der Perspektive. Zeichnen einfacher Körper nach der Natur. Geräthe, Gebäude, Schiffe. Blätter, Früchte, Blumen, Ornamente. Landschaftszeichnen. Thierzeichnen. Zeichnen menschlicher Gestalten nach der Natur.

Im Anschluß hieran erschien:

Mappe des Zeichners.

Für Lehrer sowie für Lernende.

500

Abbildungen auf 82 Tafeln als Vorlegeblätter sowie zur Veranschaulichung.

Zum Selbstunterricht für Gewerbtreibende,
ausübende Künstler, sowie für Alle, welche zeichnen lernen wollen, insbesondere
für Gewerbe- und Sonntagschulen.

Preis: $1\frac{1}{3}$ Thlr. = 2 Fl. 24 Kr. rhein.

Ein Fachmann spricht sich darüber folgendermaßen aus: „Unter Berücksichtigung aller älteren und neueren Lehrmethoden, von denen nach sorgfältiger Prüfung nur das als zweckmäßig Bewährte beibehalten worden ist, entwickelt die „Schule des Zeichners“ ein vollständiges System, das bei strenger Befolgung nothwendig zu den günstigsten Resultaten führen muß. Ein Schatz der besten Vorlagen aus allen Zweigen der Zeichenkunst, zum Theil in den Text gedruckt, unterstützt den theoretischen Theil und vermittelt den Uebergang zum Zeichnen nach Körpern sowie nach der Natur. So ist das Werk nicht nur zum Selbstunterricht in einer Weise geeignet, wie nicht leicht ein anderes, sondern es bietet auch jedem Zeichenlehrer, der eine systematische und auf wirkliche Erfolge zielende Ausbildung seiner Schüler im Auge hat, einen überaus zweckmäßigen, seine Aufgabe erleichternden Leitfaden.“ In ähnlicher Weise äußerten sich die Mainzer Ztg. 1864 Nr. 297, der Fränk. Courier 1865 Nr. 3, die Münch. N. Nachr. 1864 Nr. 355, die Bad. Volksztg. 1864 Nr. 202, die Prager Ztg. 1864 Nr. 304, die Bresl. Ztg. 1865 Nr. 29, die Magdeb. Ztg. 1864 Nr. 299, die Aachener Ztg. 1864 Nr. 358.

Die „Mappe des Zeichners“, in allen ihren Vorlagen korrekt und elegant, setzt dem Buche die Krone auf, ohne dasselbe übermäßig zu vertheuern.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

